

Inspeção de Revestimentos de Concretos Refratários Submetidos à Operação

Procedimento

Esta Norma substitui e cancela a sua revisão anterior.

Cabe à CONTEC - Subcomissão Autora, a orientação quanto à interpretação do texto desta Norma. O Órgão da PETROBRAS usuário desta Norma é o responsável pela adoção e aplicação das suas seções, subseções e enumerações.

Requisito Técnico: Prescrição estabelecida como a mais adequada e que deve ser utilizada estritamente em conformidade com esta Norma. Uma eventual resolução de não segui-la ("não-conformidade" com esta Norma) deve ter fundamentos técnico-gerenciais e deve ser aprovada e registrada pelo Órgão da PETROBRAS usuário desta Norma. É caracterizada por verbos de caráter impositivo.

Prática Recomendada: Prescrição que pode ser utilizada nas condições previstas por esta Norma, mas que admite (e adverte sobre) a possibilidade de alternativa (não escrita nesta Norma) mais adequada à aplicação específica. A alternativa adotada deve ser aprovada e registrada pelo Órgão da PETROBRAS usuário desta Norma. É caracterizada por verbos de caráter não-impositivo. É indicada pela expressão: **[Prática Recomendada]**.

Cópias dos registros das "não-conformidades" com esta Norma, que possam contribuir para o seu aprimoramento, devem ser enviadas para a CONTEC - Subcomissão Autora.

As propostas para revisão desta Norma devem ser enviadas à CONTEC - Subcomissão Autora, indicando a sua identificação alfanumérica e revisão, seção, subseção e enumeração a ser revisada, a proposta de redação e a justificativa técnico-econômica. As propostas são apreciadas durante os trabalhos para alteração desta Norma.

"A presente Norma é titularidade exclusiva da PETRÓLEO BRASILEIRO S. A. - PETROBRAS, de aplicação interna na PETROBRAS e suas participações societárias nas quais a Regra Corporativa Comum (RCC) seja desdobrada, devendo ser usada pelos seus fornecedores de bens e serviços, conveniados ou similares conforme as condições estabelecidas em Licitação, Contrato, Convênio ou similar. A utilização desta Norma por outras empresas/entidades/órgãos governamentais e pessoas físicas é de responsabilidade exclusiva dos próprios usuários."

Apresentação

As Normas Técnicas PETROBRAS são elaboradas por Grupos de Trabalho - GTs (formados por Técnicos Colaboradores especialistas da Companhia e das suas Subsidiárias), são comentadas pelas Unidades da Companhia e das suas Subsidiárias, são aprovadas pelas Subcomissões Autoras - SCs (formadas por técnicos de uma mesma especialidade, representando as Unidades da Companhia e as suas Subsidiárias) e homologadas pelo Núcleo Executivo (formado pelos representantes das Unidades da Companhia e das suas Subsidiárias). Uma Norma Técnica PETROBRAS está sujeita a revisão em qualquer tempo pela sua Subcomissão Autora e deve ser reanalisada a cada 5 anos para ser revalidada, revisada ou cancelada. As Normas Técnicas PETROBRAS são elaboradas em conformidade com a PETROBRAS N-1. Para informações completas sobre as Normas Técnicas PETROBRAS, ver Catálogo de Normas Técnicas PETROBRAS.

CONTEC
Comissão de Normalização
Técnica

SC - 09
Isolamento Térmico e
Refratários

1 Escopo

1.1 Esta Norma fixa as condições exigíveis para a inspeção de revestimentos de concretos refratários de fornos e seus dutos, chaminés, vasos de pressão e equipamentos de Unidades de Craqueamento Catalítico (UFCC e URFCC), após terem sido submetidos à operação.

1.2 A inspeção dos concretos e dos dispositivos de ancoragem recém aplicados deve ser realizada com base na PETROBRAS [N-1617](#).

1.3 A presente revisão desta Norma não se aplica a procedimentos iniciados antes desta publicação.

1.4 O prazo efetivo para implementação desta Norma em substituição à revisão anterior é de 180 dias a partir da data de sua publicação. Caso a unidade da Petrobras que está aplicando a Norma entenda que não é possível implementá-la neste prazo, deve registrar neste prazo um Plano de Implementação definindo as ações necessárias e os respectivos prazos.

1.5 A definição do prazo efetivo de implementação dos requisitos desta norma, quando esta é referenciada em contratos de prestação de serviços e aquisição de bens, é prerrogativa exclusiva da Petrobras.

1.6 Esta Norma contém Requisitos Técnicos e Práticas Recomendadas.

2 Referências Normativas

Os documentos relacionados a seguir são indispensáveis à aplicação desta Norma. Para referências datadas, aplicam-se somente as edições citadas. Para referências não datadas, aplicam-se as edições mais recentes dos referidos documentos (incluindo emendas).

PETROBRAS [N-1514](#) - Tinta Indicadora de Alta Temperatura;

PETROBRAS [N-1617](#) - Aplicação de Concreto Refratário;

PETROBRAS [N-1910](#) - Projeto de Revestimentos de Concretos Refratários;

PETROBRAS [N-1728](#) - Concreto Refratário;

PETROBRAS [N-2472](#) - Ensaio Não Destrutivo – Termografia em Equipamentos de Processo;

ABNT [NBR-8826](#) – Materiais Refratários - Terminologia

3 Termos e Definições

Para os efeitos deste documento aplicam-se os termos e definições das PETROBRAS [N-1728](#) e ABNT [NBR 8826](#), além dos abaixo:

3.1

parede fria

chaparria/costado dotado de revestimento refratário, cuja temperatura de operação seja significativamente menor que a da face interna (quente) do revestimento. Normalmente o revestimento refratário é composto por grandes espessuras (≥ 50 mm)

3.2**parede quente**

chaparia/costado dotado de revestimento refratário, cuja temperatura de operação seja próxima da face interna (quente) do revestimento. Normalmente o revestimento refratário é composto por camada única de concreto denso de até 25 mm de espessura

3.3**ponto quente**

sobreaquecimento localizado da chaparia/costado decorrente da degradação do revestimento refratário naquela região

3.4**sobreaquecimento**

aquecimento da chaparia/costado acima da média entre a temperatura de projeto e a de operação a plena carga, conforme abaixo:

$$T_{\text{sobreaquecimento}} \geq \frac{T_{\text{proj}} + T_{\text{ope}}}{2}$$

onde: $T_{\text{sobreaquecimento}}$ é a temperatura máxima do costado/chaparia, medida em região deteriorada (°C); T_{proj} é a temperatura de projeto do costado (°C); e T_{ope} é a temperatura típica do costado (sem deterioração do revestimento) durante operação a plena carga, preferencialmente na condição de verão (°C).

4 Tipos de Falha de Revestimentos Refratários

4.1 Perda de Espessura do Revestimento

4.1.1 Costado de Parede Fria

A perda de espessura do revestimento causa a elevação da temperatura do costado, podendo ocorrer corrosão, oxidação e erosão da chaparia, além da obstrução de partes do equipamento.

Pode-se detectar a elevação da temperatura das seguintes formas: **[Prática Recomendada]**

- a) termômetro de contato (ver Nota 1);
- b) pirômetro infravermelho (ver Nota 2);
- c) termografia (ver Nota 3);
- d) *skin-point* (termopar instalado sobre a superfície do equipamento) (ver Nota 4);
- e) tinta indicadora de alta temperatura (ver Nota 5); ou
- f) descascamento da pintura, oxidação e/ou deformação da chaparia (ver Nota 6).

NOTA 1 O termômetro de contato permite a leitura direta da temperatura da chapa, sendo um método indicado para a confirmação da temperatura, desde que devidamente calibrado, caso exista dúvida em relação à medição por outros meios.

NOTA 2 O pirômetro infravermelho permite a medição local da temperatura sem contato direto. Para a correta medição é importante observar as orientações do fabricante quanto aos limites de uso e relação entre a distância e o ponto de interesse.

NOTA 3 Termografia é a medição da distribuição da temperatura de um objeto com base no processamento de sinais e imagens geradas a partir da radiação infravermelha.

NOTA 4 *Skin-points* podem ser instalados em pontos pré-determinados do equipamento informando, em local remoto, a temperatura da chaparia.

NOTA 5 A PETROBRAS N-1514 prevê 2 tipos de tinta indicadora de alta temperatura que, aplicada externamente à parede do equipamento refratado, muda de cor com o aumento da temperatura da chaparia: uma que muda da cor azul para a cor branca quando a

temperatura alcança 260 °C (tipo 2) e outra que muda da cor verde para a cor branca quando a temperatura alcança 400 °C (tipo 1). Estas mudanças podem ocorrer gradualmente, em temperaturas menores, em função do tempo em que a tinta permanece a altas temperaturas.

NOTA 6 A queda do refratário interno expõe a chapa à temperatura de tal ordem que a pintura externa é queimada, a chaparia é oxidada, são geradas tensões localizadas, deformações e trincas facilmente detectáveis por inspeção visual.

4.1.2 Costado de Parede Quente

A perda de espessura do revestimento pode acarretar problemas e danos no equipamento, tais como a erosão da chaparia, furo e perda de contenção. Este tipo de falha não pode ser detectada simplesmente pela elevação da temperatura do costado, pois a sua variação é pouco perceptível após a falha. A sua identificação depende da perda de contenção e/ou distúrbios operacionais, como a perda de catalisador, dificuldade de circulação etc. Caso o equipamento esteja fora de operação, o defeito é detectável por inspeção visual.

4.2 Trincas

A ocorrência de trincas pode gerar pontos quentes na chaparia, pois aumenta localmente o fluxo de calor naquela região. As trincas superficiais são detectadas por meio de inspeção visual e medição direta, determinando sua largura na superfície.

4.3 Erosão

Acarreta o desgaste e redução da espessura do revestimento pela ação do escoamento de material particulado em alta velocidade, com conseqüente elevação da temperatura, podendo ocorrer erosão e furo da chaparia. A erosão é detectada por meio da inspeção visual e medição da espessura do revestimento remanescente.

4.4 Ataque Químico

A deterioração do refratário por agentes químicos pode provocar a laminação, queda ou ainda tornar refratário poroso ou friável a ponto de permitir a penetração manual de um estilete metálico. O aparecimento de furos na chaparia do equipamento é uma outra indicação de falha por ataque químico, que pode afetar também as ancoragens.

4.5 Deterioração por Ação de Coque

A formação e depósito de coque no interior de poros e trincas do concreto refratário provocam danos termomecânicos, tais como a escamação e/ou laminação do revestimento, perda de espessura e encavalamento ou estufamento de malhas hexagonais/articuladas. A deterioração é facilmente detectável pela inspeção visual, pelo característico escurecimento do concreto e danos relacionados.

4.6 Falhas da Ancoragem

Acarretam o desprendimento e a queda do revestimento. Podem ser identificadas falhas da ancoragem pela inspeção visual direta ou pelo teste de martelamento. Os diferentes efeitos sonoros e vibrações indicam as áreas com fixação satisfatória e as que podem estar com a ancoragem comprometida (por trinca ou ruptura da solda de fixação, oxidação, fragilização, corrosão, entalhes, entre outros). Normalmente, em caso de falha da ancoragem, ocorre o desprendimento total da região, podendo ocorrer a queda ou deslocamento do bloco, inclusive com parte da ancoragem inclusa.

NOTA Frequentemente a ruptura dos grampos de ancoragem ocorre na vizinhança da solda de fixação ao costado, sendo motivada por vibração excessiva, fragilidade, corrosão dos grampos e/ou ocorrência de tensões atípicas.

4.7 Vazios e Compactação Deficiente

Podem ser detectados pelo teste de martelamento do revestimento. Os diferentes efeitos sonoros e vibrações detectadas por este teste também são indicativos destes tipos de falha.

4.8 Vibração

Acarretam falhas por fadiga nas ancoragens e/ou nas suas soldas de fixação, podendo provocar a queda do revestimento. Ocorre normalmente em regiões de turbulência e pulsação de fluxo, componentes interligados a máquinas rotativas e equipamentos com suportação deficiente.

4.9 Choque Térmico

Acarreta falhas por laminação expondo os dispositivos de ancoragem com conseqüente elevação da temperatura da chaparia. Ocorre normalmente em regiões onde o revestimento refratário é submetido à frequente variação brusca de temperatura.

4.10 Fusão ou Amolecimento

Fusão ou amolecimento (redução significativa da resistência mecânica a quente) do revestimento, mediante exposição a temperaturas superiores ao limite de uso. Este tipo de falha está relacionado a descontroles operacionais, inconsistências de projeto ou problemas de fabricação do material.

5 Condições Gerais

5.1 A inspeção do revestimento refratário deve ser realizada por profissional com experiência de, no mínimo, 3 anos na atividade de inspeção de refratários.

NOTA Para a inspeção de equipamentos do conjunto conversor de Unidades de Craqueamento Catalítico, é recomendado também que o profissional tenha participado de, pelo menos, uma parada do equipamento. **[Prática Recomendada]**

5.2 Os critérios de aceitação descritos na seção 7 podem ser alterados considerando os seguintes fatores: criticidade do equipamento/componente, histórico de falha, taxa de desgaste, prazo da campanha futura e alterações nas condições de projeto ou operacionais. **[Prática Recomendada]**

5.3 É recomendada que a demolição do revestimento seja monitorada para reavaliação das áreas a serem reparadas, podendo ser necessária a ampliação da região demolida. **[Prática Recomendada]**

5.4 Previamente à inspeção devem ser realizados os seguintes preparativos e providências:

- a) Análise dos dois últimos relatórios do equipamento, identificando as regiões reparadas anteriormente;
- b) Análise das recomendações de inspeção e reparo;
- c) Preparação de croquis para o mapeamento das áreas que serão reparadas;
- d) Preparação de materiais mínimos necessários para a inspeção:
 - Lanterna (verificar pilhas e bateria);
 - Martelo de bola de aço de 200 g de massa;
 - Estilete pontiagudo metálico de 3 mm de diâmetro;
 - Trena; e
 - Caderneta de anotações.

6 Roteiro de Inspeção

O roteiro de inspeção consiste nas etapas necessárias para avaliação da integridade do revestimento após operação. A Figura 1 descreve o relacionamento entre as etapas do roteiro de inspeção.

6.1 Equipamento em Operação (em Campanha)

6.1.1 Inspeção Visual

6.1.1.1 Inspecionar externamente a parede do equipamento, observando a ocorrência de alterações na pintura (aparência e cor), furos, deformações e trincas no costado.

6.1.1.2 Inspecionar internamente pelas janelas de inspeção dos fornos e caldeiras, observando a ocorrência de alterações na superfície do revestimento, tais como: estufamento do piso e das paredes, queda de material refratário e deslocamento de blocos queimadores.

6.1.1.3 Os equipamentos e dutos refratados devem ser inspecionados visualmente, pelo menos, a cada 6 meses. **[Prática Recomendada]**

6.1.2 Termografia

Inspeccionar de acordo com a PETROBRAS [N-2472](#) e procedimentos internos específicos.

NOTA 1 Em condições específicas, o ensaio termográfico pode ser substituído ou confirmado pela medição da temperatura por meio de termômetro de contato ou pirômetro infravermelho. **[Prática Recomendada]**

NOTA 2 Em situações que não permitam a medição por outros meios ou que seja necessário o monitoramento contínuo, termopares (*skin-points*) podem ser instalados em pontos pré-determinados do equipamento, informando, em local remoto, a temperatura da chaparia. **[Prática Recomendada]**

NOTA 3 Nos casos em que o ensaio termográfico indique temperaturas superiores ao limite estabelecido em projeto, deve ser solicitado parecer da gerência de projeto informando o valor da temperatura atual, a extensão da área afetada e sua localização no equipamento.

6.1.2.1 Os equipamentos e dutos refratados devem ser inspecionados por termografia, pelo menos, a cada 6 meses, para acompanhamento e identificação de pontos quentes que necessitem de intervenção imediata.

6.1.2.2 Para subsidiar a inspeção durante a parada do equipamento, é fortemente recomendado que também seja realizada termografia em data próxima de sua parada programada, considerando antecedência de até 3 semanas, com objetivo de avaliar o estado atual do revestimento. **[Prática Recomendada]**

6.1.2.3 Caso não seja possível executar o ensaio termográfico, realizar medição amostral da temperatura, por meio de termômetro de contato ou pirômetro infravermelho, priorizando os locais com indicação de falha identificados na inspeção visual.

6.1.2.4 Pontos quentes eventualmente identificados devem ser devidamente registrados (distribuição de temperatura, extensão e localização) para acompanhamento e auxílio na definição de ações mitigadoras ou reparo definitivo.

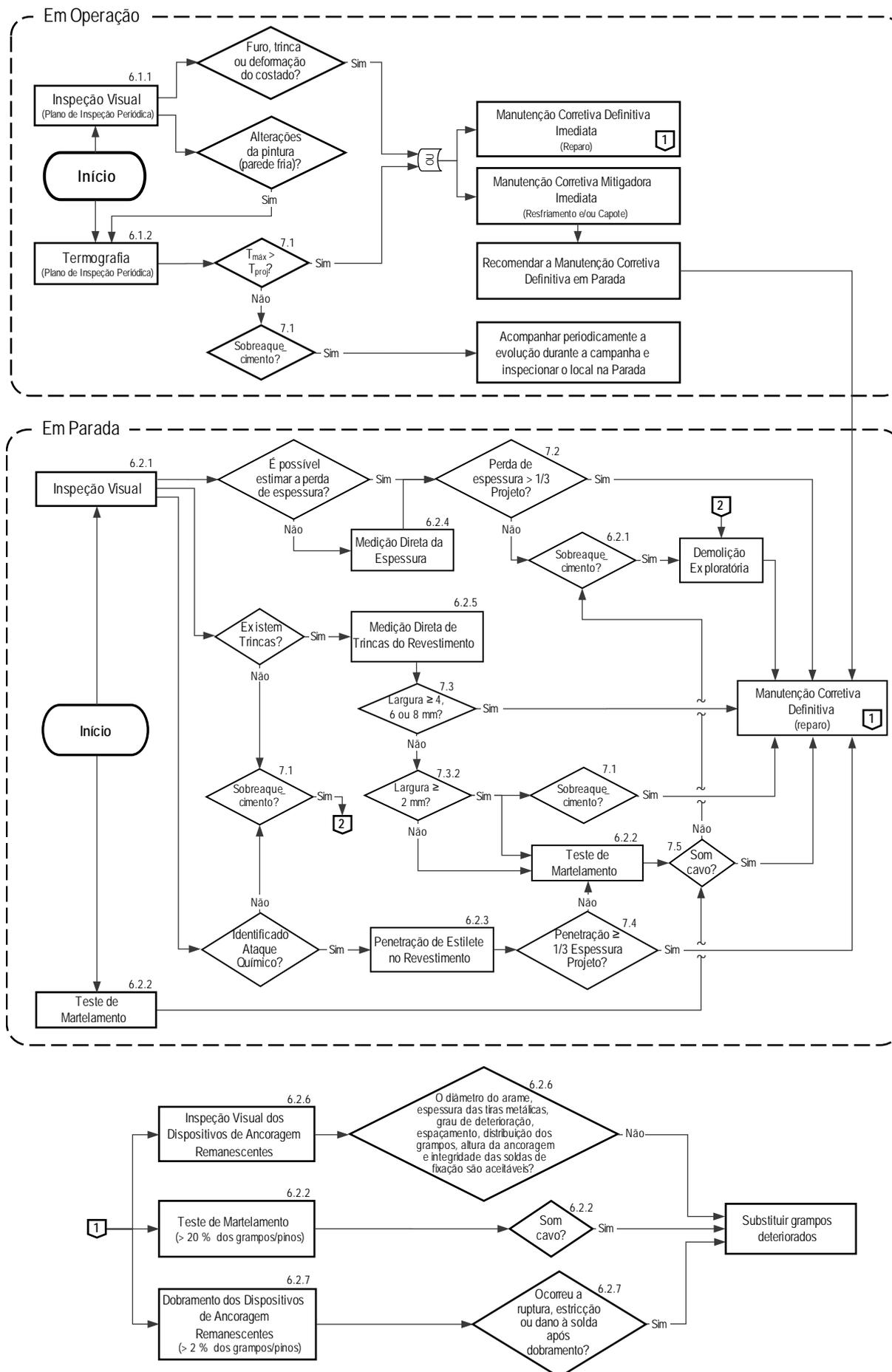


Figura 1 - Roteiro de inspeção.

6.2 Equipamento Fora de Operação (em Parada)

6.2.1 Inspeção Visual do Revestimento

6.2.1.1 Inspeccionar visualmente 100 % da superfície do revestimento.

6.2.1.2 Durante a inspeção de concretos ancorados em malhas, verificar se há linguetas (para malhas hexagonais) ou furos de fixação das tiras (para malhas articuladas) aparentes que indiquem a necessidade de reparo devido à perda de espessura.

6.2.1.3 Na inspeção de concretos monolíticos, verificar a exposição das extremidades dos grampos de ancoragem e avaliar a perda de espessura.

NOTA 1 Para grampos “V” e “Y”, a exposição da extremidade de maior comprimento indica a perda de um terço (1/3) a metade (1/2) da espessura, enquanto a exposição das duas extremidades indica perda maior que a metade da espessura.

NOTA 2 Para grampos “V” ondulado, o comprimento das duas pernas varia conforme a espessura do revestimento, sendo que a exposição das duas extremidades indica perda maior ou igual que 25 a 35 % da espessura, conforme o grampo utilizado.

6.2.1.4 Regiões que sofreram sobreaquecimento durante a operação do equipamento devem ser inspecionadas com maior rigor durante a sua parada. Ainda que o revestimento aparente bom estado, deve-se efetuar uma avaliação mais aprofundada para identificar a(s) causa(s) do sobreaquecimento, podendo ser necessário marcar a região para demolição exploratória.

6.2.2 Teste de Martelamento (ou Percussão)

6.2.2.1 Executado por meio do impacto de um martelo de bola de aço de 200 g de massa sobre o revestimento, avaliando os diferentes efeitos sonoros e vibrações detectadas. A percepção de som cavo (oco) durante o ensaio denota a existência de trincas internas, vazios, compactação deficiente do concreto ou falhas do ancoramento.

NOTA 1 Para a execução do teste de martelamento é recomendado apoiar a mão espalmada sobre o revestimento em região próxima ao impacto, visando detectar vibrações que facilitem a identificação de possíveis defeitos. **[Prática Recomendada]**

NOTA 2 Revestimentos contendo camada de concreto refratário isolante classe C, silicato de cálcio ou placa de fibra cerâmica não permitem a detecção de falhas por meio do teste de martelamento, pois a sonoridade pode falsear a identificação de defeitos.

6.2.2.2 Para revestimentos do conjunto conversor, teste de martelamento deve ser executado com espaçamento aproximado entre centros de impacto de 1,0 m, em 100 % da área refratada. Para os demais equipamentos, adotar o percentual de aproximadamente 30 %, preferencialmente nas seguintes regiões: locais com danos identificados pela inspeção visual, junto às margens e entroncamentos de trincas, regiões de transição, proximidades de janelas de inspeção, bocas de visita (BVs) e conexões. Quando detectado defeito, o teste de martelamento deve ser executado em espaços menores, de modo a delimitar a região a ser reparada.

6.2.2.3 O teste de martelamento também deve ser realizado em dispositivos de ancoragem, visando avaliar a sua integridade. Testar pelo menos 20 % dos dispositivos de ancoragem remanescentes, aleatoriamente escolhidos.

6.2.3 Penetração de Estilete no Revestimento

Efetuar a penetração manual de um estilete pontiagudo metálico de 3 mm de diâmetro, nas áreas suspeitas de ataque químico ou falhas de aplicação não identificadas anteriormente.

6.2.4 Medição Direta de Espessura do Revestimento

A medição direta da espessura deve ser realizada nos locais em que for identificada perda de espessura e somente quando não for possível estimar a perda por inspeção visual, com base na exposição das extremidades, linguetas ou janelas da ancoragem, conforme descrito no item 6.2.1.

6.2.4.1 Costado de Parede Quente

Remover, pelo menos, o revestimento de um hexágono/trapézio (em malha) de cada região suspeita, para medição direta da espessura. Para revestimentos ancorados em grampos ("S", coroa, "C" etc.), demolir pequena área, abrangendo pelo menos três grampos de ancoragem.

6.2.4.2 Costado de Parede Fria

A medição direta da espessura deve ser realizada conforme um dos métodos abaixo:

- a) Furar o revestimento nas áreas suspeitas, para medição de espessura, utilizando broca de metal duro de 3/8" de diâmetro. Após a medição, nos revestimentos com concreto denso, preencher o furo com concreto antierosivo classe A ou plástico e, nos revestimentos com concreto isolante ou semi-isolante (na face quente), preencher o furo com fibra cerâmica; ou
- b) Demolir o revestimento refratário, em área mínima de 300 mm x 300 mm, abrangendo pelo menos 3 grampos de ancoragem. Recompôr o revestimento por reparo localizado.

6.2.5 Medição Direta de Trincas do Revestimento

Efetuar a medição da largura das trincas por meio de escala milimétrica ou outros instrumentos compatíveis (calibre, paquímetro etc.).

6.2.6 Inspeção Visual dos Dispositivos de Ancoragem Remanescentes

Executar inspeção visual em 100 % dos dispositivos de ancoragem da área a reparar, atentando para o diâmetro do arame ou espessura das tiras metálicas, grau de deterioração, espaçamento, distribuição dos grampos, altura da ancoragem e integridade das soldas de fixação.

6.2.7 Dobramento dos Dispositivos de Ancoragem Remanescentes

Dobrar a 15° e retornar à posição inicial, pelo menos, 2 % dos dispositivos de ancoragem remanescentes (grampos "V", "Y", tridente, "rabo de andorinha" e pinos). Não deve ocorrer a ruptura do dispositivo de ancoragem. Após dobramento, os grampos devem ser reavaliados por inspeção visual e teste de martelamento.

6.2.8 Inspeção da Chaparia e Tubulação

Verificar mossas provenientes da demolição do revestimento com o uso de ferramentas pontiagudas e ondas de choque. Não liberar o refratamento antes de avaliação da criticidade dos defeitos.

7 Critérios de Aceitação e Rejeição

Os critérios de aceitação e rejeição devem ser considerados para definição de reparos dos revestimentos refratários submetidos à operação. Os critérios são acumulativos, ou seja, a rejeição em qualquer um dos critérios é indicativo da necessidade de intervenção.

7.1 Sobreaquecimento do Costado

7.1.1 Nas condições em que a temperatura da chapa exceder o limite de projeto durante operação, deve ser realizada análise específica de engenharia, avaliando a necessidade de resfriamento temporário da região, reparo externo (capote) ou parada do equipamento para reparo definitivo do revestimento.

NOTA Em regiões sujeitas à erosão, não deve ser empregado exclusivamente o resfriamento temporário da região, pois esta solução não elimina ou mitiga o risco da perda de contenção.

7.1.2 Caso identificado sobreaquecimento (conforme item 3.4), porém abaixo da temperatura de projeto, deve ser realizado acompanhamento termográfico durante a operação, considerando aumento da frequência de inspeção, e avaliação rigorosa do revestimento durante a parada.

7.1.2.1 Ainda que o revestimento esteja em bom estado aparente e não tenha sido rejeitado pelos demais critérios, se identificado sobreaquecimento durante a operação, deve ser realizada demolição exploratória da região para identificação e tratamento da(s) causa(s).

7.2 Perda de Espessura Devido à Queda, Erosão Laminação ou Escamação

Deve ser efetuado o reparo se a perda de espessura da camada for igual ou superior a um terço (1/3) da espessura de projeto.

NOTA Em decorrência do padrão de perda de espessura característico de Risers de Unidades de Craqueamento Catalítico, construídos em concreto denso antierosivo classe C, vibrado ou por fluência livre, é admitida perda localizada de até a metade (1/2) da espessura de projeto, desde que o ensaio termográfico prévio à parada não tenha identificado sobreaquecimento (conforme item 3.4) na região. **[Prática Recomendada]**

7.3 Trincas em Revestimentos Monolíticos

7.3.1 Devem ser efetuados reparos de trincas conforme os critérios abaixo:

- a) todos os componentes do regenerador: largura igual ou superior a 4 mm;
- b) demais componentes do conjunto-conversor: largura igual ou superior a 6 mm;
- c) demais equipamentos: largura igual ou superior a 8 mm.

7.3.2 Para as trincas aceitáveis pelo critério do item 7.3.1, as seguintes avaliações complementares devem ser realizadas:

- a) efetuar teste de martelamento nas regiões adjacentes às trincas para verificação da integridade do revestimento. Caso detectado defeito, a região da trinca deve ser reparada;
- b) para trincas com largura igual ou superior à 2 mm: analisar o resultado do ensaio termográfico prévio à parada. Caso identificado sobreaquecimento (conforme item 3.4) na região da trinca, deve ser realizado reparo.
- c) para trincas com largura igual ou superior à 2 mm: quando possível a visualização das faces internas da trinca, verificar por meio da coloração do concreto se a trinca se mantém

aberta ou fechada durante operação; caso a coloração das faces internas seja semelhante à da face exposta do revestimento, então a mesma permanece aberta durante a operação do equipamento. Nesse caso, se aprovado pelas alíneas “a)” e “b)” acima, sendo o projeto de parede fria e o serviço de baixo potencial erosivo, é recomendável, se viável, o preenchimento da trinca com manta seca ou massa de fibra cerâmica. **[Prática Recomendada]**

- d) as regiões que apresentem congruência de trincas ou trincas paralelas que provoquem a instabilidade do revestimento, devem ser reparadas;
- e) especial atenção deve ser dada para as trincas que ocorrem naturalmente em decorrência da dilatação diferencial do equipamento em regiões de geometria complexa. **[Prática Recomendada]**

7.4 Ataque Químico do Revestimento

Deve ser efetuada a remoção do revestimento em toda a área afetada, se a penetração manual do estilete for superior a um terço (1/3) da espessura original de projeto.

7.5 Vazios ou Compactação Deficiente

Deve ser efetuada a remoção do revestimento em toda área, maior do que 300 mm x 300 mm, que apresente indicação de defeito no teste de martelamento.

7.6 Falhas da Ancoragem Remanescente

7.6.1 Não é admitido qualquer tipo de defeito detectado pela inspeção visual, teste de martelamento e/ou dobramento.

7.6.2 No caso da detecção de defeito, aumentar progressivamente a amostragem da inspeção nos dispositivos de ancoragem adjacentes ao reprovado.

7.6.3 No caso de 50 % dos dispositivos de ancoragem inspecionados apresentarem defeitos, substituir todos os grampos da área a reparar.

NOTA Caso haja concentração defeitos numa região claramente delimitada, substituir todos os dispositivos de ancoragem somente dessa região.

7.6.4 Os revestimentos com malhas que se encontrem encavalados ou estufados devem ser reparados.

NOTA 1 As regiões em malha com pequeno estufamento, porém devidamente ancorado em suas adjacências, podem ser avaliadas quanto ao seu reparo. **[Prática Recomendada]**

NOTA 2 Atenção para os revestimentos de dupla (ou tripla) camada com pino mesa e malha, pois pequenos estufamentos são considerados normais devido à dilatação térmica do revestimento. Verificar soldas de fixação e ancoramento da malha e pinos mesa.

7.7 Deterioração por Ação do Coque

7.7.1 Deve ser efetuada a remoção das partes laminadas do revestimento, para evitar a sua queda quando da entrada em operação do equipamento e permitir a inspeção da camada remanescente do revestimento. Após a remoção das placas “soltas”, a espessura remanescente deve atender aos critérios do item 7.2.

7.7.2 De modo a não danificar a camada íntegra, a remoção pode ser feita utilizando marretas de 1 kg ou calafate. [Prática Recomendada]

8 Reparo

As técnicas de reparo e fixação dos dispositivos de ancoragem, após inspeção, devem obedecer aos mesmos requisitos para reparos de concretos novos, conforme estabelecido pela PETROBRAS N-1617 e N-1910.

9 Registro das Inspeções

As inspeções devem ser registradas em formulários próprios ou em forma de relatórios objetivos, com todas as informações disponíveis, recomendações e conclusões quanto à integridade do revestimento. Os formulários ou relatórios devem ser arquivados, constituindo o histórico do revestimento, de maneira a propiciar a fácil consulta e verificação das suas reais condições.

9.1 Mapeamento dos Reparos

9.1.1 Todos os reparos devem ser mapeados, identificando a sua posição em relação à uma referência fixa no equipamento (BV, termopar, bocal, suporte etc.), dimensões e data. Caso a especificação do reparo (concreto ou ancoragem) for alterada, o mapeamento também deve registrar a alteração.

9.1.2 As Figuras do Anexo A (também disponíveis em arquivos editáveis) apresentam modelos de croquis para mapeamento de reparos em Unidades de Craqueamento Catalítico e Fornos de Processo. A Figura 2 mostra exemplos da aplicação dos modelos do Anexo A para o mapeamento de reparos.

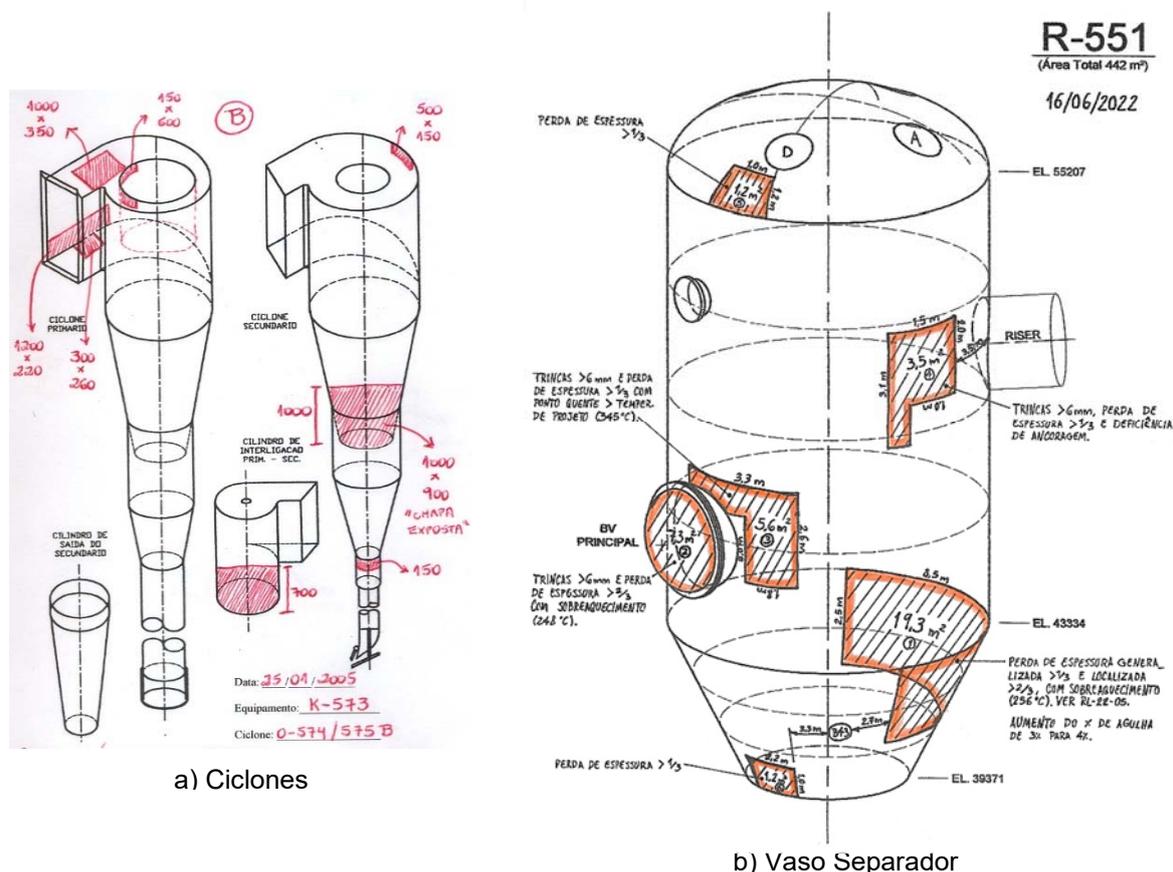


Figura 2 - Exemplos do uso de croquis para mapeamento de reparos.

ANEXO A

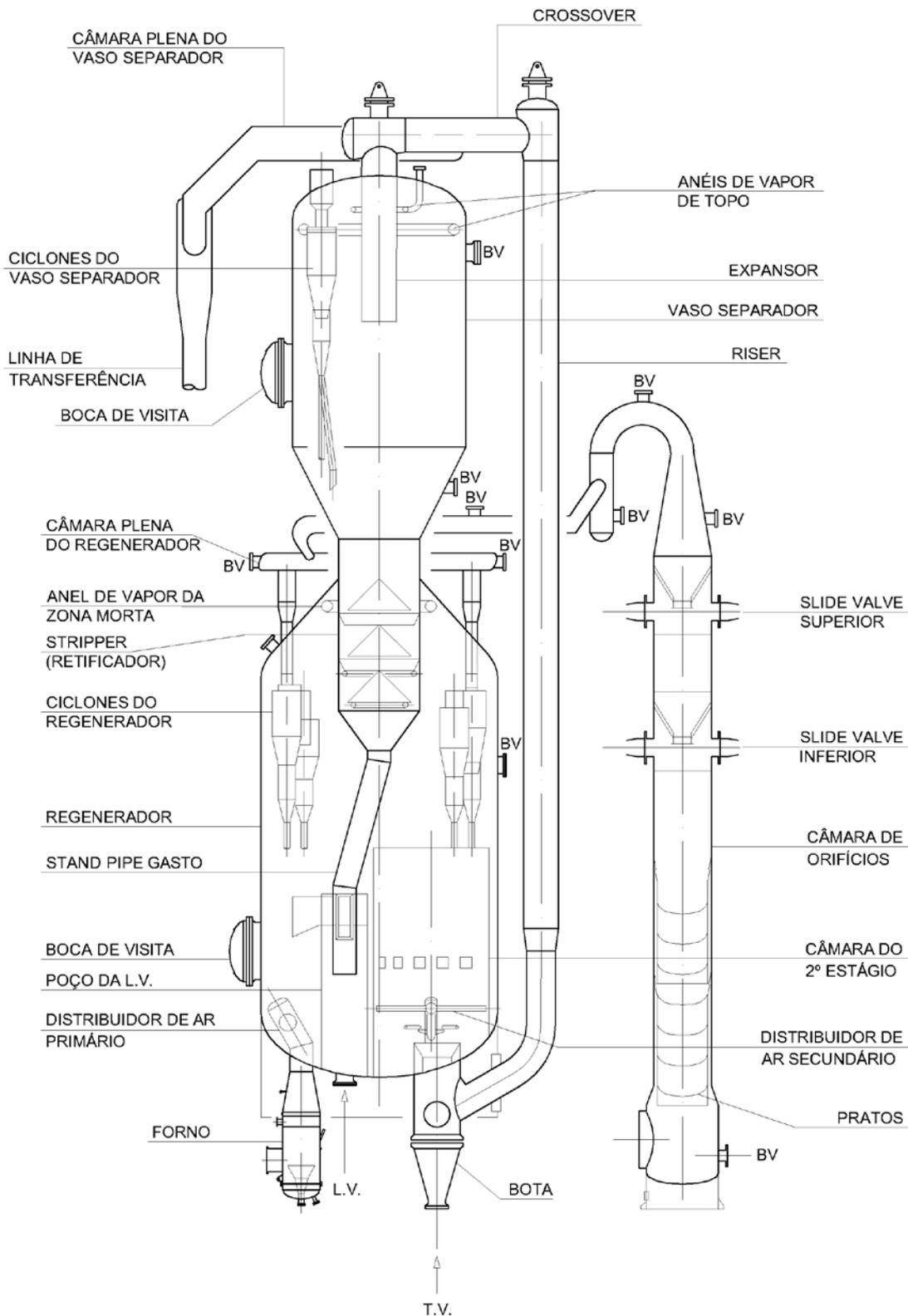


Figura A.1 - Croquis para Mapeamento de Reparos em Conversores de FCC Tipo OrthoFlow "F".

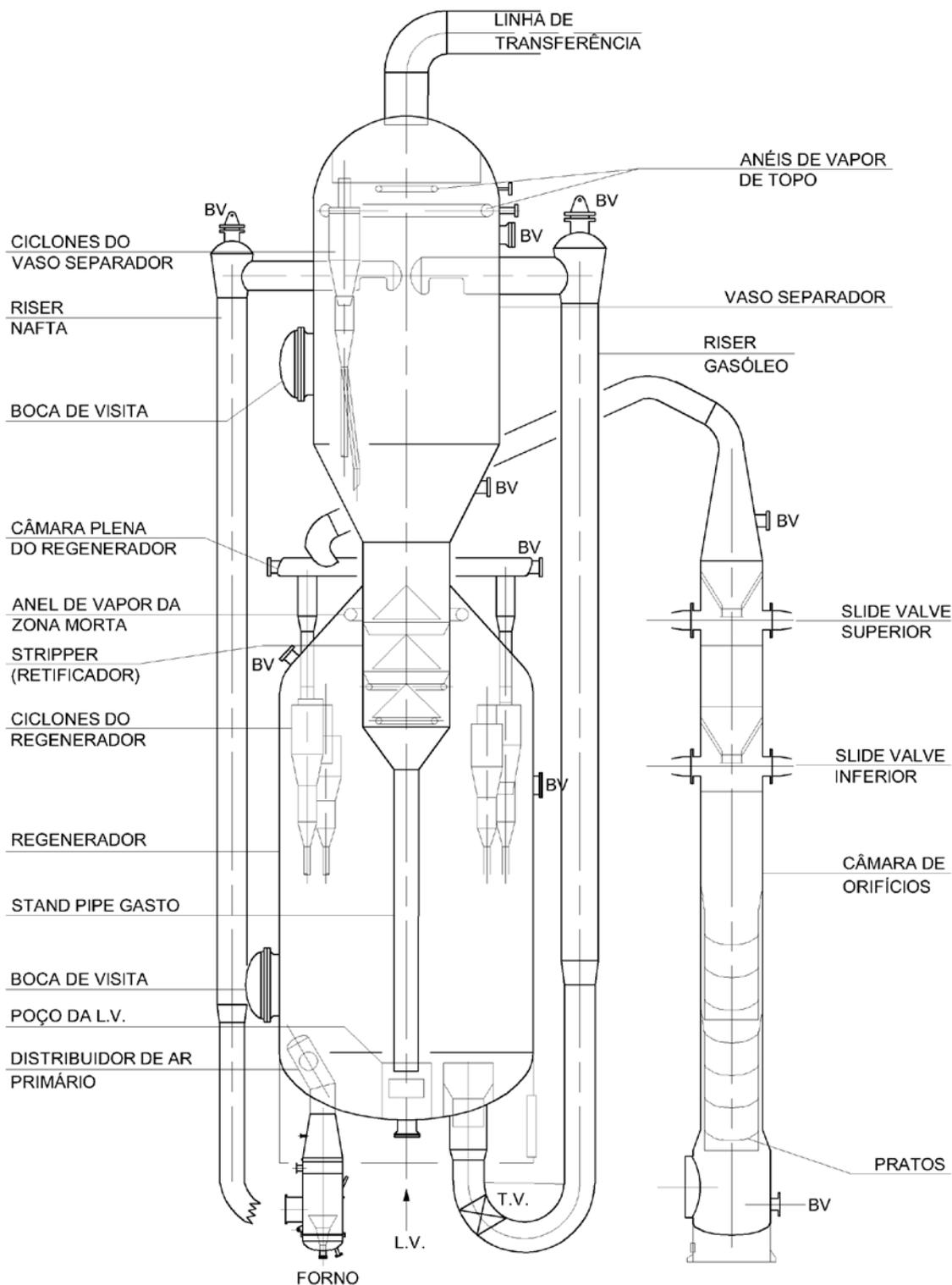


Figura A.2 - Croquis para Mapeamento de Reparos em Conversores de FCC Tipo OrthoFlow "C".

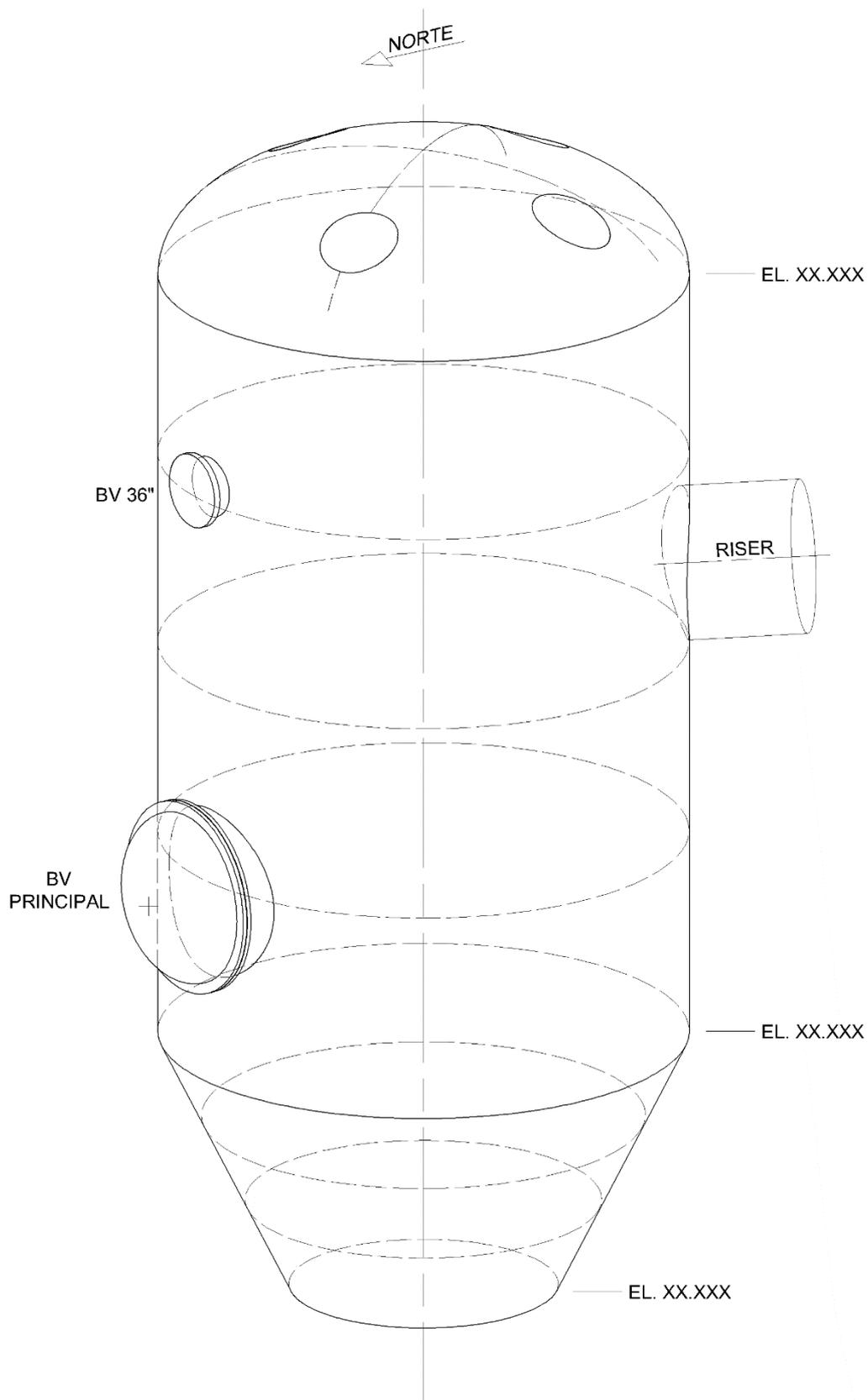


Figura A.3 - Croquis para Mapeamento de Reparos em Vasos Separadores de FCC.

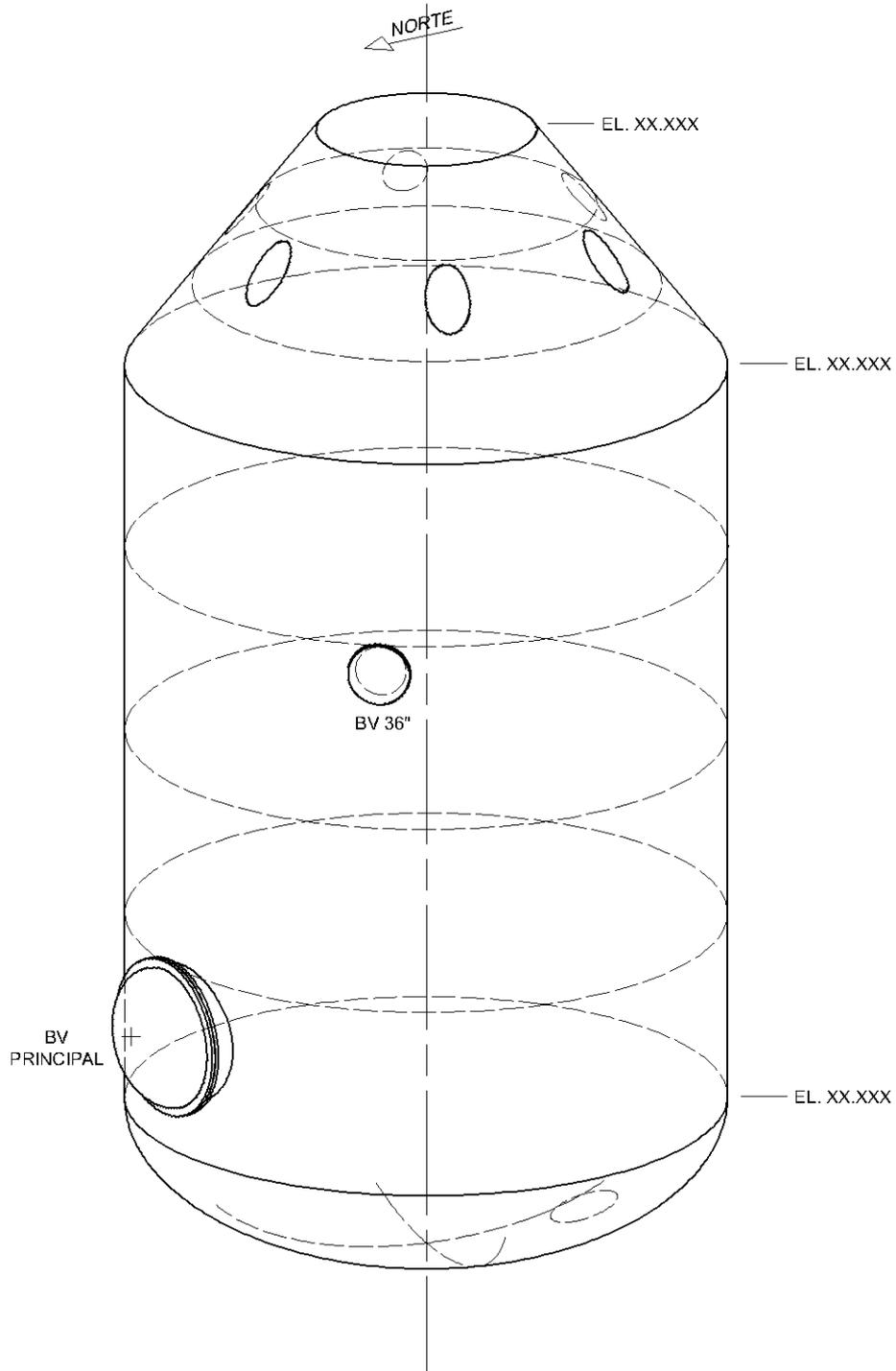


Figura A.4 - Croquis para Mapeamento de Reparos em Regeneradores de FCC.

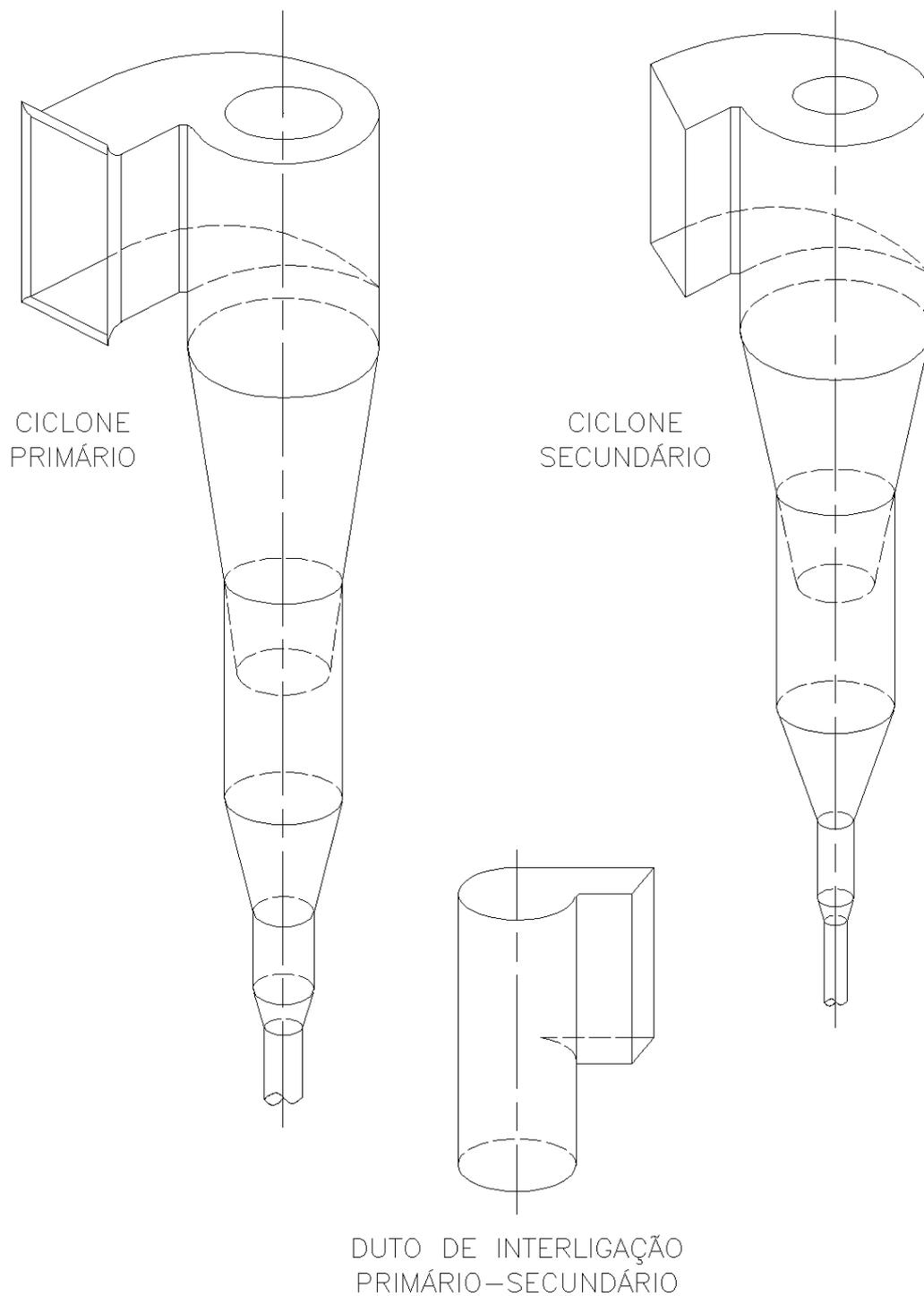


Figura A.5 - Croquis para Mapeamento de Reparos em Ciclones do Regenerador.

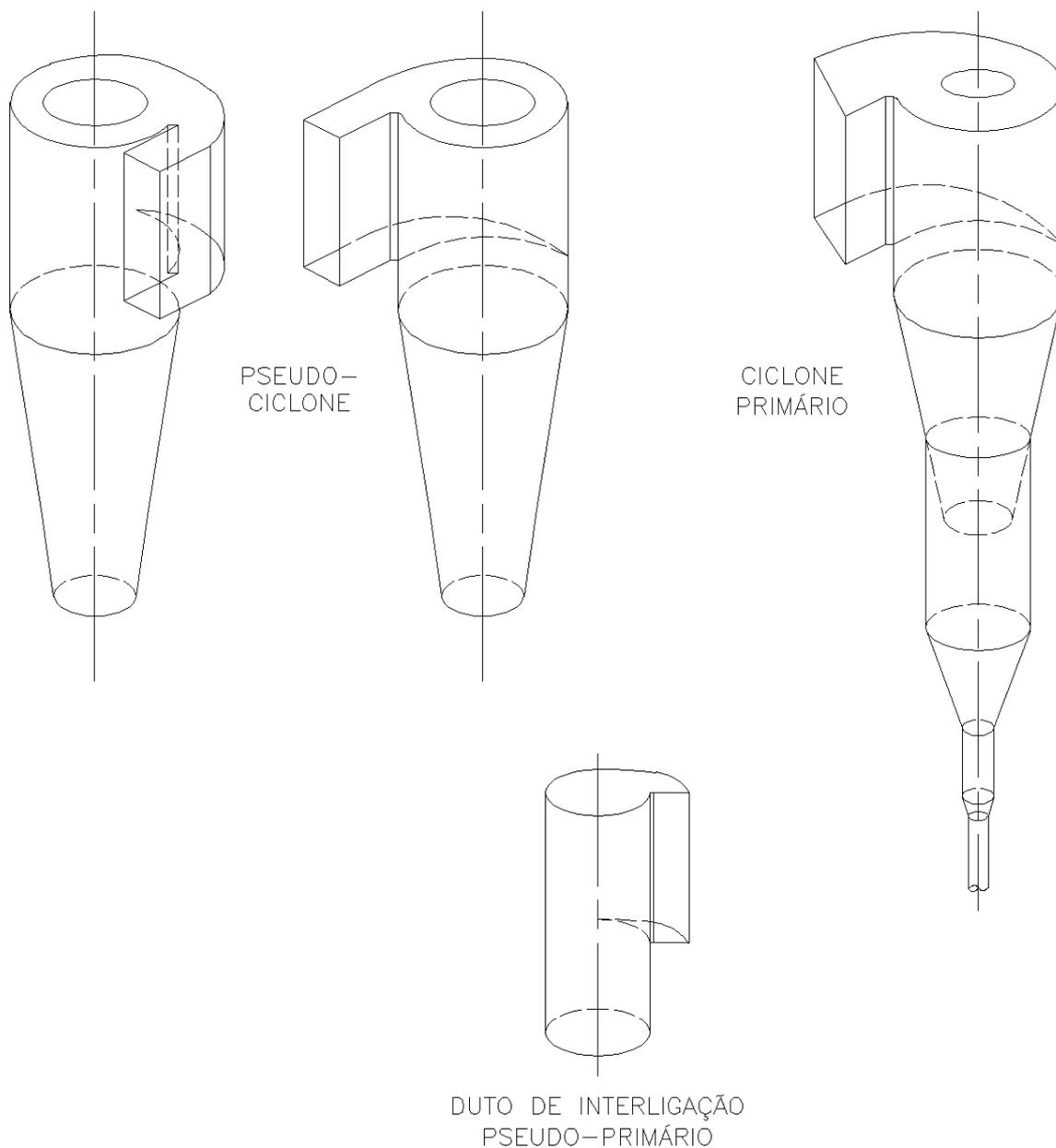


Figura A.6 - Croquis para Mapeamento de Reparos em Ciclones do Vaso Separador.

Figura A.6a - Arranjo A.

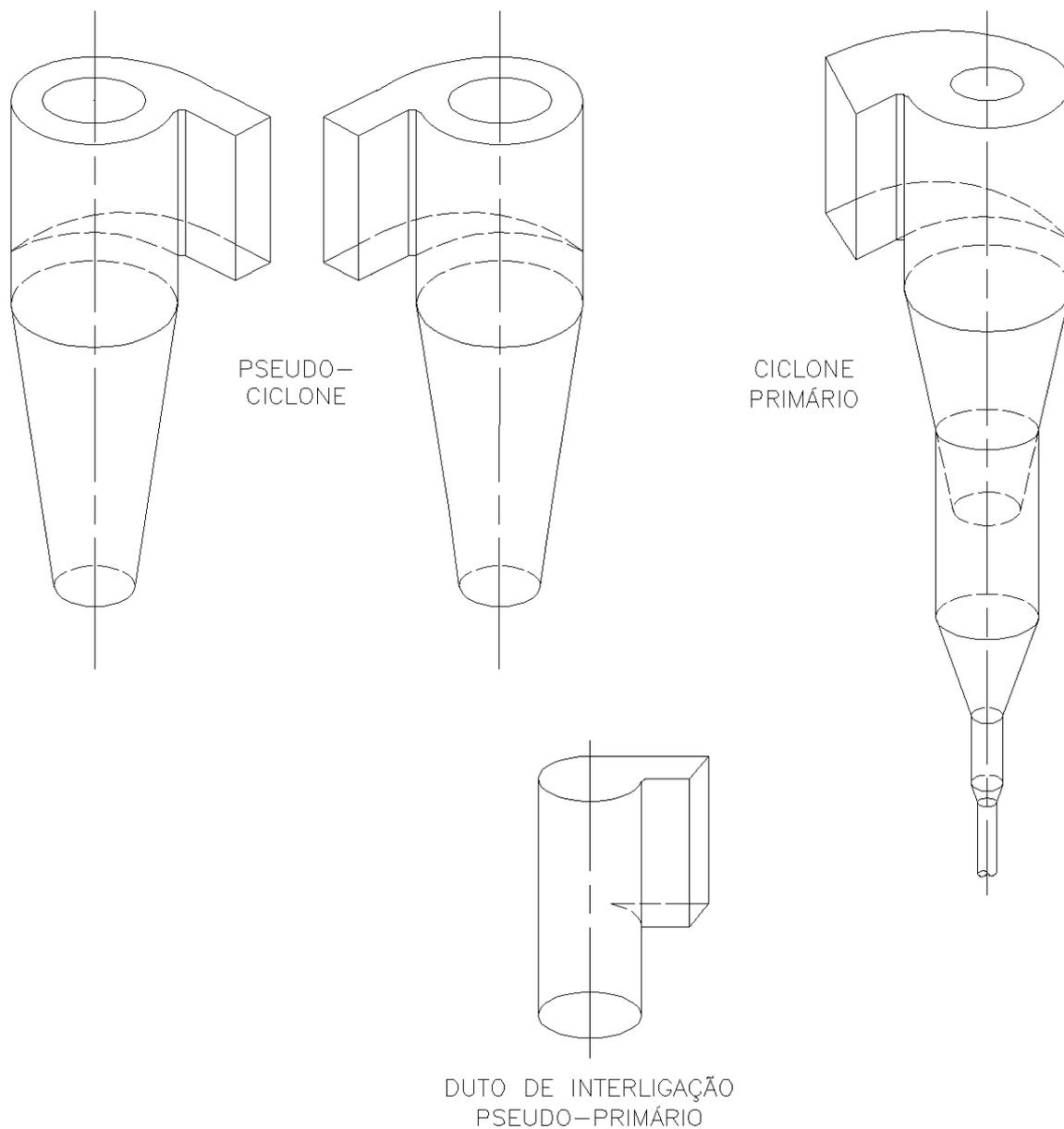


Figura A.6 - Croquis para Mapeamento de Reparos em Ciclones do Vaso Separador.

Figura A.6b - Arranjo B.

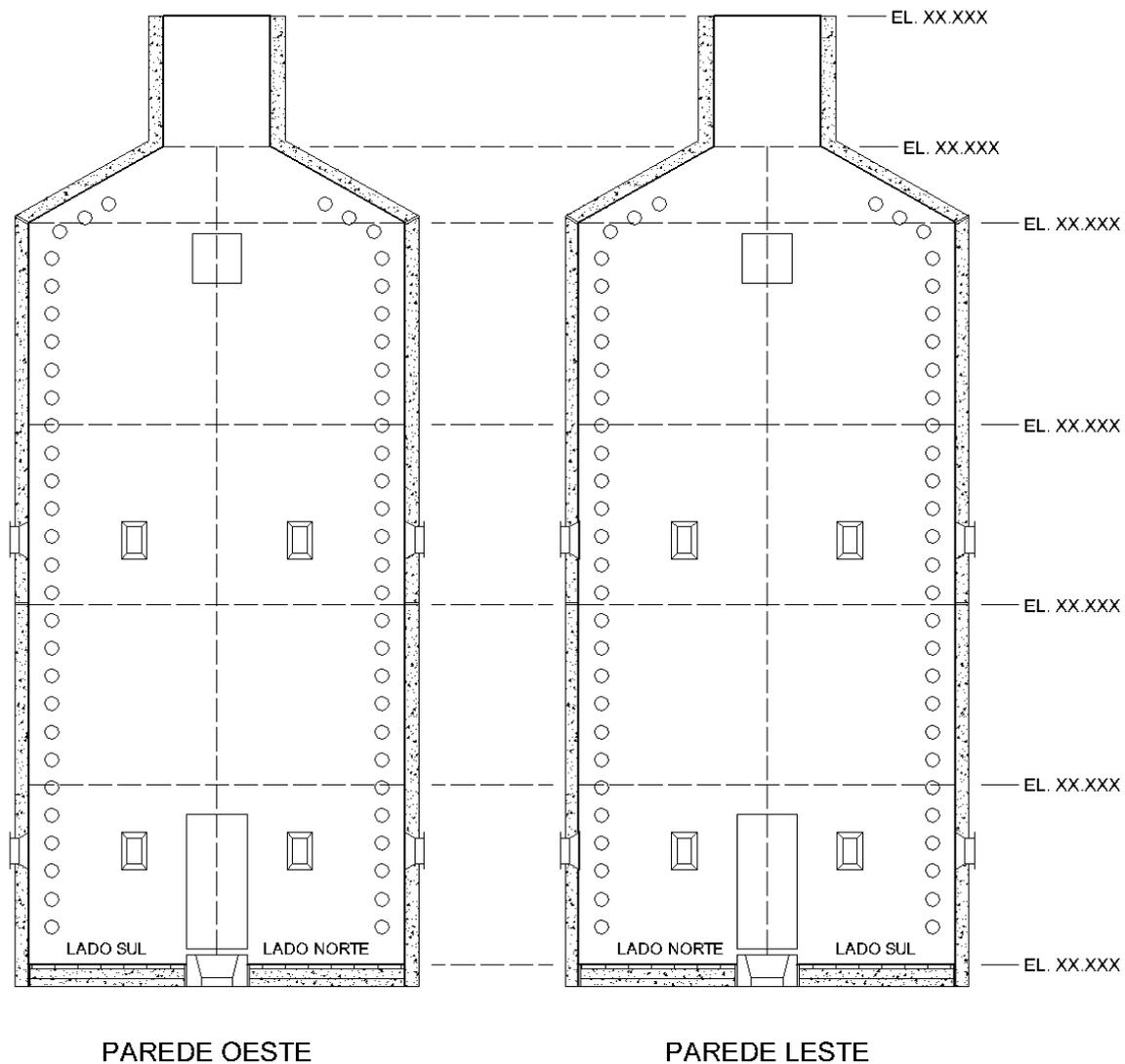


Figura A.7 - Croquis para Mapeamento de Reparos em Fornos Tipo Cabine.

Figura A.7a - Paredes Frontais da Radiação.

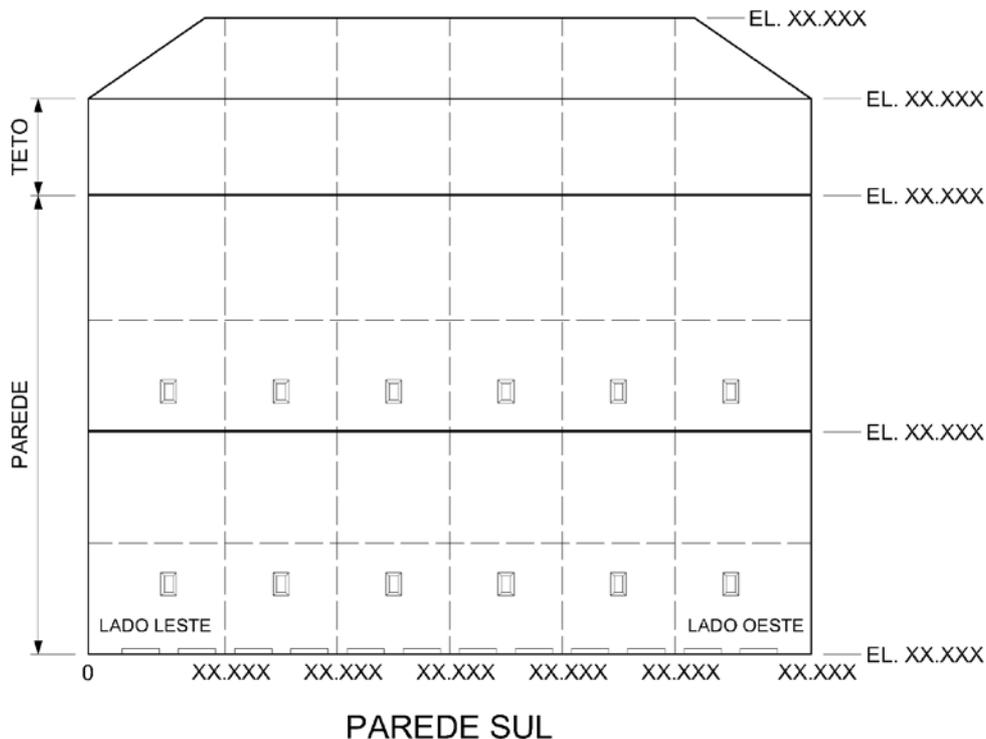
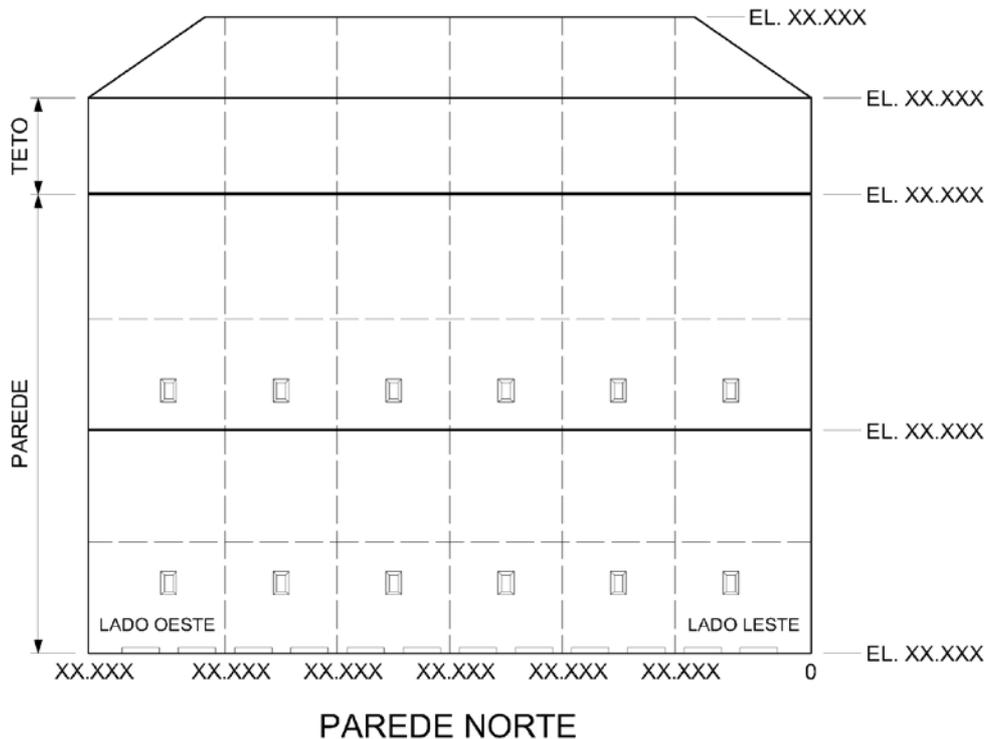


Figura A.7 - Croquis para Mapeamento de Reparos em Fornos Tipo Cabine.

Figura A.7b - Paredes Laterais da Radiação.

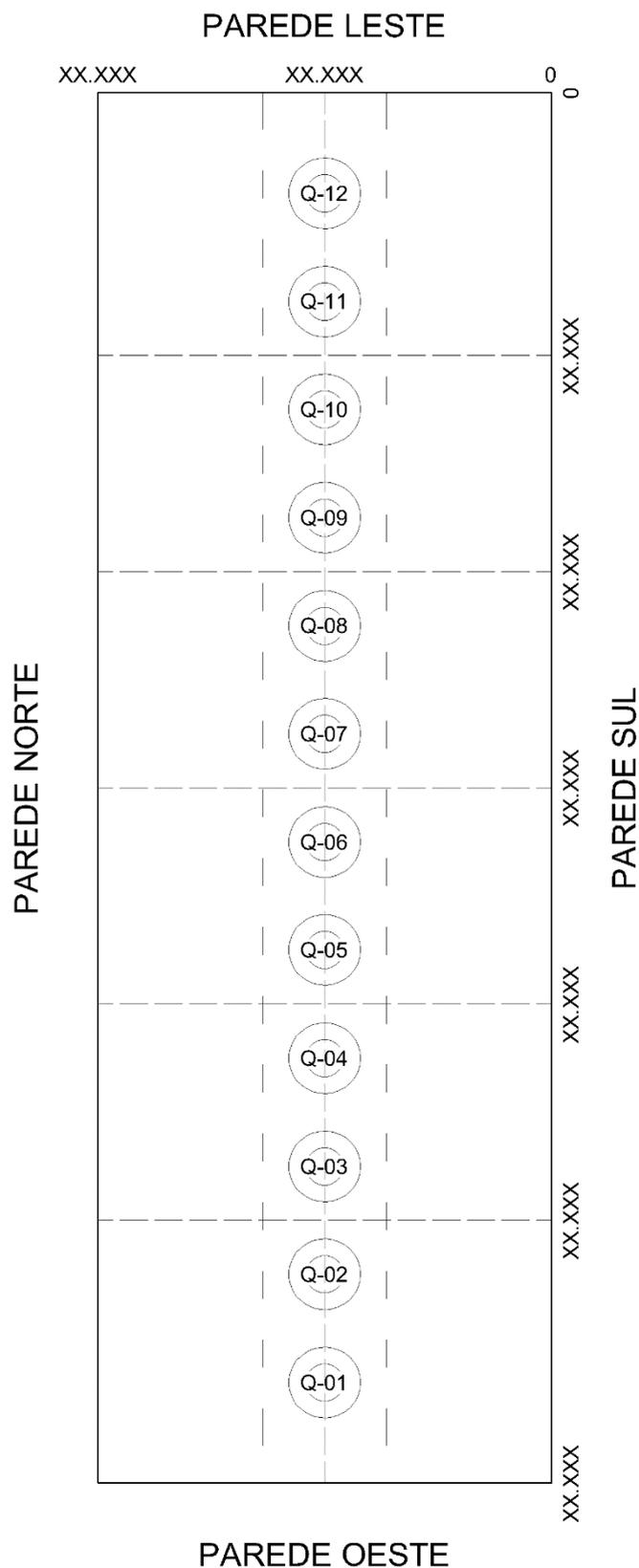


Figura A.7 - Croquis para Mapeamento de Reparos em Fornos Tipo Cabine.

Figura A.7c - Piso da Radiação.

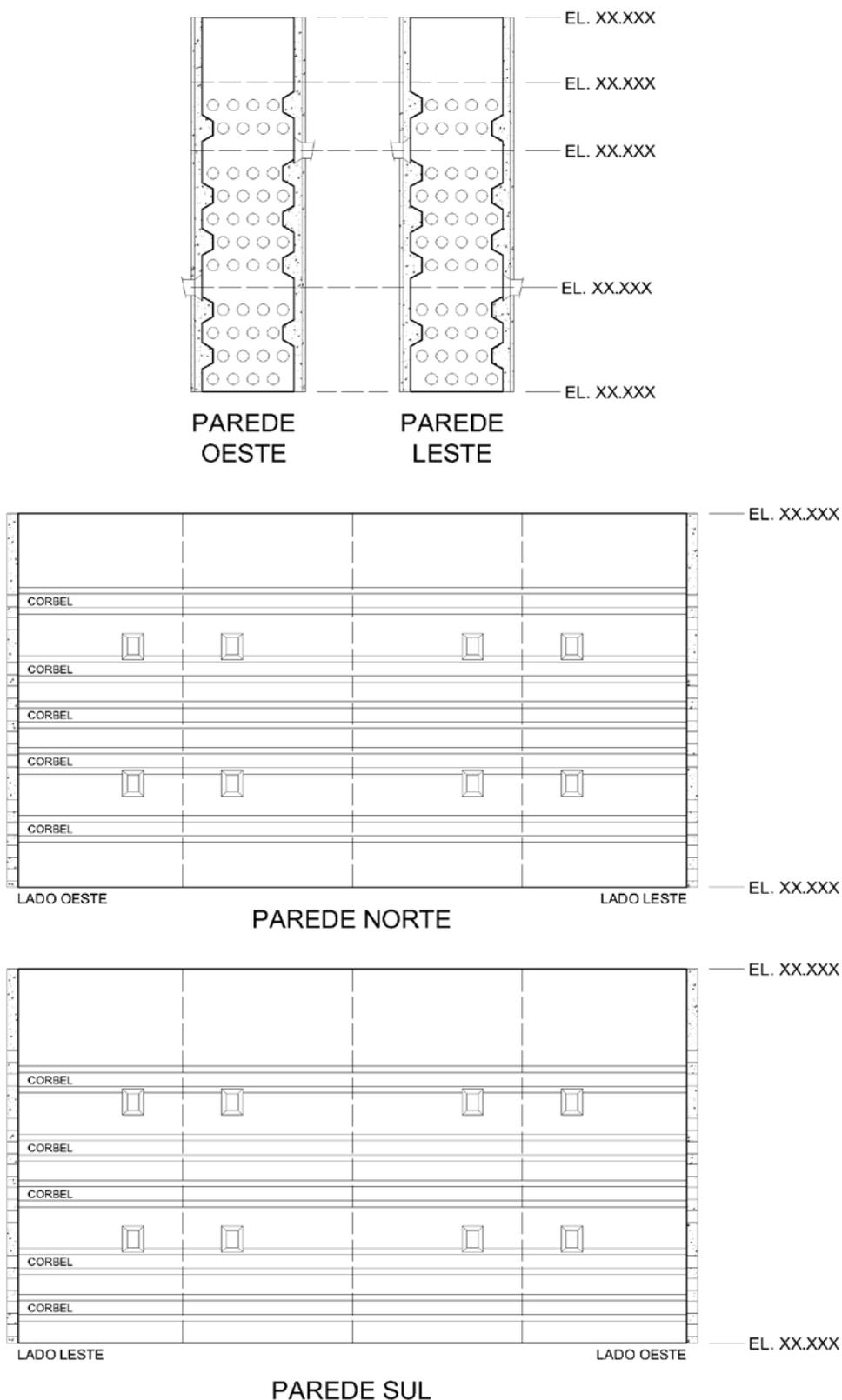


Figura A.7 - Croquis para Mapeamento de Reparos em Fornos Tipo Cabine.

Figura A.7d - Paredes da Convecção.

ÍNDICE DE REVISÕES	
REV. A	
Não existe índice de revisões.	
REV. B	
Partes Atingidas	Descrição da Alteração
Título	Revisado
2	Revisado
3	Incluído
4	Revisado
4.1.1 a 4.1.2	Revisados
4.2 a 4.9	Revisados
5	Incluído
6.1.1.1 a 6.1.1.2	Revisados
6.1.2	Revisado
6.2.1.4	Incluído
6.2.2.1 a 6.2.2.3	Revisados
6.2.4.2 a 6.2.4.3	Revisados
6.2.6	Revisado
6.2.8	Incluído
7.1.1 a 7.1.2	Incluídos
7.2	Revisado
7.2.1 a 7.2.2	Incluídos
7.4	Revisado
7.6	Revisado
7.6.1 a 7.6.2	Incluído
REV. C	
Partes Atingidas	Descrição da Alteração
	Revalidação
REV. D	
Partes Atingidas	Descrição da Alteração
1	Inclusão dos itens 1.4 e 1.5
2	Inclusão da N-1728 e ABNT/NBR-8826
3	Inclusão das definições de 3.1 a 3.4

REV. D (Continuação)	
Partes Atingidas	Descrição da Alteração
4	Revisão geral
5	Revisão geral
6	Revisão geral, ressaltando a inclusão da Figura 1 (Roteiro de Inspeção).
7	Revisão geral
9	Inclusão do item 9.1 e da Figura 2
Anexos (Figuras A.1 a A.7)	Inclusão