

Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel

COMITÊ DE SEGURANÇA EM CALDEIRAS DE
RECUPERAÇÃO DO BRASIL

**"Práticas Recomendadas para Oxidação Térmica de Gases
Não-Condensáveis em Caldeiras de Recuperação."**

Sub-Comitê de Segurança em Combustão

ÍNDICE

| | |
|--|----|
| PREFÁCIO..... | 01 |
| CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO | 03 |
| CAPÍTULO 2- DEFINIÇÃO E ABREVIATURAS..... | 06 |
| CAPÍTULO 3- CONSIDERAÇÕES PRINCIPAIS..... | 10 |
| Introdução..... | 10 |
| Explosão..... | 10 |
| Riscos com Terebentina..... | 12 |
| Procedimento de Parada de Emergência..... | 13 |
| Corrosão..... | 13 |
| Os Efeitos do Enxofre e Concentrações de Sólidos..... | 14 |
| Os Efeitos da Introdução de GSCD sobre emissões | 15 |
| Considerações de Saúde..... | 16 |
| Complexidade do Sistema..... | 17 |
| Integração e Confiabilidade dos Sistemas de Transporte..... | 17 |
| Entradas..... | 17 |
| Condições da Caldeira de Recuperação..... | 18 |
| CAPÍTULO 4- RECOMENDAÇÕES PARA A OXIDAÇÃO TÉRMICA DOS GNCD..... | 20 |
| INTRODUÇÃO..... | 20 |
| Segurança..... | 20 |
| Fontes..... | 20 |
| Sistema de Injeção de Gases na Caldeira de Recuperação..... | 20 |
| COLETA E TRANSPORTE DOS GNCD..... | 21 |
| Gases do Silo de Cavacos do Digestor..... | 22 |
| Sistema de Transferência dos GNCD..... | 22 |
| Tubulação de GNCD e Equipamentos Auxiliares..... | 22 |
| MONITORAMENTO E CONTROLE..... | 23 |
| Sistema de Segurança..... | 23 |
| Lógica de Permissão de Partida de GNCD..... | 23 |
| Lógica de Proteção de Desarme..... | 24 |
| SEGURANÇA DE PESSOAL..... | 24 |
| FIGURAS..... | 25 |
| Figura 001- Sistema de Transferência de GNCD..... | 25 |
| Figura 002- Lógica de Permissão de Partida de GNCD..... | 26 |
| Carta de Explicação Lógica da Figura 002..... | 27 |
| Figura 003- Lógica de Proteção de Desarme..... | 28 |
| Carta de Explicação Lógica da Figura 003..... | 29 |
| CAPÍTULO 5- GUIA PARA OXIDAÇÃO TÉRMICA DE GNCC e GSCD..... | 30 |
| INTRODUÇÃO..... | 30 |

| | |
|--|----|
| Segurança..... | 30 |
| Fontes..... | 30 |
| GSCD..... | 31 |
| Queimador Dedicado..... | 31 |
| A Caldeira de Recuperação como Dispositivo de Controle Primário..... | 31 |
| COLETA E TRANSFERÊNCIA DE GNCC E GSCD..... | 32 |
| GNCC..... | 32 |
| Sistema de Transferência de Fase Vapor..... | 32 |
| Sistema de Transferência de Gás Condicionado..... | 33 |
| GSCD..... | 34 |
| Sistema de Tubulação e Equipamentos Auxiliares para GNCC e GSCD..... | 35 |
| OXIDAÇÃO TÉRMICA..... | 37 |
| Queimador..... | 37 |
| Ignitor Contínuo..... | 38 |
| Ar de combustão..... | 38 |
| SISTEMA DE SEGURANÇA..... | 39 |
| Lógica de Permissão de Partida- GNCC..... | 39 |
| Lógica de Proteção de Desarme - GNCC..... | 40 |
| Lógica de Permissão de Partida - GSCD..... | 40 |
| Lógica de Proteção de Desarme - GSCD..... | 40 |
| SEGURANÇA PESSOAL..... | 41 |
| DESCRIÇÃO DO SISTEMA E OPERAÇÃO..... | 41 |
| Descrição..... | 41 |
| Operação..... | 43 |
| Figura 011- Sistema de Transferência de GNCC e GSCD..... | 45 |
| Figura 012- Queimador para Oxidação Térmica..... | 46 |
| Tabela III - Modo e ações das válvulas em "DSC" e "PPE" – Figuras 011 e 012..... | 47 |
| Figura 013- Lógica de Permissão de Partida do Queimador de GNCC..... | 48 |
| Carta de Explicação Lógica da Figura 013..... | 49 |
| Figura 014- Lógica de Proteção de Desarme do Queimador de GNCC..... | 50 |
| Carta de Explicação Lógica da Figura 014..... | 51 |
| Figura 015- Lógica de Permissão de Partida do Queimador de GSCD..... | 52 |
| Carta de Explicação Lógica da Figura 015..... | 53 |
| Figura 016- Lógica de Proteção de Desarme do Queimador de GSCD..... | 54 |
| Carta de Explicação Lógica de Figura 016..... | 55 |

"Comitê de Segurança em Caldeiras de Recuperação do Brasil - CSCRB"

"PRÁTICAS RECOMENDADAS PARA OXIDAÇÃO TÉRMICA DE GASES

NÃO-CONDENSÁVEIS EM CALDEIRAS DE RECUPERAÇÃO"

(BLRBAC-Revisão 1-10/05/99)

PREFÁCIO

Este Manual contendo as "**Práticas Recomendadas para Oxidação Térmica de Gases Não-Condensáveis em Caldeiras de Recuperação**" substitui o Manual de Recomendações do BLRBAC ("Black Liquor Recovery Boiler Advisory Committee") publicado em 04/04/90, intitulado "Incineração de Gases Não-Condensáveis em Caldeiras de Recuperação". Grande parte das informações contidas no citado Manual de Recomendações foi incorporada nestas "Práticas Recomendadas".

O CSCRB através do Sub-Comitê de "Segurança em Combustão", realizou a tradução deste Manual do BLRBAC com o objetivo de disponibilizar às empresas brasileiras de Celulose e Papel e seus representantes membros o acesso atualizado às informações relevantes contidas nestas Práticas Recomendadas bem como estabelecer uma uniformidade em termos de conceitos e definições aplicadas. Neste particular, estamos priorizando o termo "Oxidação Térmica de Gases Não-Condensáveis" por representar a maioria das empresas brasileiras que utilizam gases residuais como combustíveis em seus processos internos. Numa próxima oportunidade serão também incorporados ao presente Manual, outros produtos residuais combustíveis como terebentina e metanol.

O Sub-Comitê de "Queima de Combustíveis Residuais" do BLRBAC foi criado em 1997 afim de avaliar a experiência vigente com a oxidação térmica de gases e líquidos combustíveis nas fornalhas das caldeiras de recuperação dos EUA visando com a informação adquirida, criar suporte técnico para a elaboração de Diretrizes ("Guidelines") do BLRBAC para a utilização sistemática em caldeiras de recuperação com o adequado controle das emissões geradas. Estas Diretrizes foram posteriormente apresentadas como Recomendações ao Comitê Executivo.

As Diretrizes descritas nas "Práticas Recomendadas para Oxidação Térmica de Gases Não-Condensáveis em Caldeiras de Recuperação" são endereçadas para a queima de gases não-condensáveis (GNC), estendendo a consideração para outros líquidos ou gases residuais, como metanol, terebentina, óleos vermelhos ("red oil") e gases diluídos dos tanques de dissolução que serão posteriormente avaliadas pelo Sub-Comitê.

O Sub-Comitê reconhece na elaboração destas "Práticas Recomendadas", que os Engenheiros em Projetos, Operação e Gerenciamento da maioria das fábricas de Celulose e Papel ainda estão pouco preparados para as conseqüências da queima de gases não-condensáveis (GNC) diluídos e concentrados apesar de estarem sendo oxidados termicamente de forma bem-sucedida em caldeiras de recuperação instaladas em todo mundo. Estas "Práticas Recomendadas" incluem informações sobre instalações existentes onde os gases não-condensáveis diluídos (GNCD) e

concentrados (GNCC) estão sendo termicamente oxidados em caldeiras de recuperação. A lista compilada em 1998 inclui 40 caldeiras de recuperação que chamaram a atenção do Sub-Comitê, das quais 35 queimam GNCD e 17 queimam GNCC.

O nível de experiência atual das operações instaladas é muito diferente da verificada em 1986 quando se redigiu os objetivos originais do Sub-Comitê de Queima de Combustíveis Residuais ("Waste Streams") em caldeiras de recuperação. O produto daquele Sub-Comitê foi criar Diretrizes do BLRBAC intituladas "Incineração de Gases Residuais em Caldeiras de Recuperação" publicado em 04 de Abril de 1990. O nível de experiência da indústria com queima de gases não-condensáveis têm evoluído de poucas instalações queimando apenas GNCD em caldeiras de recuperação em 1986 até um substancial número de caldeiras de recuperação queimando tanto GNCD como GNCC nas fornalhas atuais. A considerável experiência com a queima de gases não-condensáveis em outras unidades de controle, como as utilizadas em caldeiras auxiliares e fornos de cal, tem contribuído positivamente para as otimizações em tecnologia e operações da indústria relativos aos sistemas de coleta e combustão de GNC. A experiência atual em caldeiras de recuperação serve como subsídio e justificativa suficientes para a preparação destas "Práticas Recomendadas" que substituem as Diretrizes descritas em 1990. A tabulação das instalações que queimam GNC em caldeiras de recuperação, bem como descrições de várias delas, fazem parte do escopo desta publicação.

PRÁTICAS RECOMENDADAS PARA OXIDAÇÃO TÉRMICA DE GASES

NÃO-CONDENSÁVEIS EM CALDEIRAS DE RECUPERAÇÃO

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO

A caldeira de recuperação queimando licor preto apresenta problemas relacionados à operação e segurança que de longe excede ao da caldeira de força convencional ou outros equipamentos de combustão que possam ser utilizados para oxidação térmica de gases não-condensáveis, além de metanol e terebentina. A caldeira de recuperação é primeiramente uma unidade do processo de recuperação química onde os materiais orgânicos do licor preto são queimados enquanto os compostos oxidados de sulfeto de sódio e potássio são reduzidos e drenados como sais fundidos no fundo da fornalha.

Ao mesmo tempo, como uma atividade paralela, o calor liberado da combustão do licor preto é usado para geração de vapor para energia e aquecimento de diferentes etapas do processo.

As fábricas de celulose e papel norte-americanas solicitaram em 1998 que o Comitê Executivo do BLRBAC iniciasse uma revisão afim de reconsiderar a posição sobre disposição de gases não-condensáveis em caldeiras de recuperação, levando em consideração a experiência vigente das caldeiras de recuperação operando atualmente com a oxidação térmica destes combustíveis residuais ("waste streams"). Os gases não-condensáveis (GNC), sendo gases que contém compostos de enxofre reduzidos provenientes das operações de Cozimento e Evaporação, constituem-se em fontes primárias de odor. Nos últimos anos, tem sido desenvolvidos equipamentos e sistemas para queima conjunta de gases não-condensáveis diluídos (GNCD) e concentrados (GNCC) em caldeiras de recuperação, assim como líquidos condensados de metanol e terebentina. Várias fábricas de celulose e papel, em diferentes localizações no mundo, estão atualmente queimando estes combustíveis residuais em suas caldeiras de recuperação. Outra origem de gases não-condensáveis requerendo adequada oxidação térmica é a degasagem dos concentradores de alta concentração de sólidos secos (super-concentradores).

O principal benefício para a oxidação térmica destes combustíveis em caldeiras de recuperação é que os compostos sulfurosos presentes nestes gases podem ser retidos no processo ao invés de serem descarregados para atmosfera. Enquanto a maior parte do calor referente ao processo de recuperação química é devido à queima do licor preto, os gases combustíveis podem introduzir um calor adicional ao processo através de sua incineração e mistura dentro da fornalha.

O maior volume de combustíveis residuais disponíveis para disposição/descarte são os gases não-condensáveis diluídos (GNCD) provenientes de várias origens do processo fabril.

Atualmente já existe uma boa experiência operacional para o adequado manuseio deste gases afim de minimizar os riscos associados à sua oxidação térmica.

A complexidade operacional da oxidação térmica dos gases não-condensáveis concentrados (GNCC) em caldeiras de recuperação é aumentada proporcionalmente ao aumento dos riscos potenciais de segurança na área da caldeira em geral. Este risco é ainda maior quando produtos como metanol e/ou terebentina são oxidados

termicamente em caldeiras de recuperação. Estas **"Práticas Recomendadas para Oxidação Térmica de Gases Não-Condensáveis em Caldeiras de Recuperação"** foram revisadas levando-se em consideração os equipamentos, sistemas de segurança e demais procedimentos operacionais relativos ao projeto e operação dos sistemas de GNC instalados na maioria das principais caldeiras de recuperação. As informações contidas nestas "Práticas Recomendadas" podem contribuir substancialmente para a minimização dos riscos operacionais para as empresas que optarem por oxidar termicamente o GNC em suas caldeiras de recuperação.

No Apêndice D, existe anexada uma lista com 40 instalações que utilizam GNC em caldeiras de recuperação. A lista inclui algumas informações básicas sobre a localização das instalações bem como os gases que tem sido mais comumente oxidados termicamente na fornalha.

As Diretrizes publicadas pelo Comitê de Recuperação da Associação Sueca de Usuários de Geradores de Vapor ("Soda House Committee of the Swedish Steam Users Association") e pela Associação de Engenharia da Factory Mutual ("Factory Mutual Engineering Corporation") também serviram como fundamentos de referência para a elaboração destas Práticas Recomendadas pelo BLRBAC. Os principais documentos de referência utilizados encontram-se descritos abaixo:

1. "Diretrizes relativas a equipamentos e sistemas de segurança para eliminação de GNC concentrados, metanol e terebentina em caldeiras de recuperação". SSUA, Publicação N° B16, Edição 1, Setembro 1997.
2. "Eliminação através da combustão de GNC concentrados, metanol e terebentina em caldeiras de recuperação". Publicação N°. C9, Edição 1, Setembro 1997.
3. "Recomendações relativas a equipamentos e sistemas de segurança para queima de óleos e gases em caldeiras de recuperação". (parágrafos e diagramas selecionados nas traduções B16 e C9), SSUA, Publicação N° B13, Edição 1, Março 1997.
4. "Dados para prevenção de perdas em caldeiras de recuperação química". Factory Mutual, Publicação N° 6-21/12-21, Janeiro 1994, páginas 12 e 13.
5. "Dados para prevenção de perdas em caldeiras auxiliares para queima de resíduos sólidos e gasosos". Factory Mutual, Publicação N° 6-12/12-13, Junho 1983, páginas 17 e 18.

A complexidade do processo de recuperação química combinado às severas condições ambientais resultantes constituem-se num formidável desafio operacional para os Operadores e Técnicos que trabalham com caldeiras de recuperação. A operação se torna ainda mais complexa se os gases não-condensáveis são oxidados termicamente nas fornalhas das caldeiras de recuperação. Além disto, existe a condição de degradação ambiental quando se oxidam estes gases não-condensáveis sem o devido cuidado. Na maioria dos casos, os Operadores de caldeiras de recuperação dependem muito da abrangência e qualificação de seus treinamentos técnicos, de seu bom-senso e atitudes pessoais, bem como da instrumentação instalada (intertravamentos) afim de obter-se uma "operação segura" do equipamento. Em muitas situações, os Operadores são forçados a avaliar e decidir rapidamente sobre a operação a executar, mesmo não possuindo todos os dados em mãos para a tomada de decisão. A responsabilidade sobre a "atitude operacional" dos Operadores de caldeiras de recuperação é muito

grande e é por isso que a indústria deve oferecer aos mesmos as melhores condições de apoio, orientação, treinamento, associados às ferramentas adequadas para promover condições de segurança e disponibilidade ao equipamento. Estas condições se tornam ainda mais relevantes em fábricas que queimam gases não-condensáveis em caldeiras de recuperação.

A queima dos gases não-condensáveis diluídos e/ou concentrados ou outros gases combustíveis residuais em caldeiras de recuperação aumentam a complexidade e o potencial de risco da operação. Por reconhecer este risco é que o BLRBAC não recomenda esta prática. Entretanto, estamos indicando estas "Práticas Recomendadas" que deverão ser seguidas afim de minimizar os riscos e o potencial de acidentes caso os gases não-condensáveis sejam queimados na caldeira de recuperação de sua empresa.

CAPÍTULO 2 - DEFINIÇÕES E ABREVIATURAS

(BLRBAC-Revisão 2-06/10/99)

Foram definidos "termos" e "definições" para serem utilizadas neste Manual de "Práticas Recomendadas". Estas definições devem utilizadas onde aplicáveis, sendo publicadas no "Final Pulp and Paper Cluster Rule" (63 FR 18504-18751).

Impregnador de Cavacos ("chip steamer")

Vaso usado para pré-aquecimento ou pré-tratamento (impregnação) dos cavacos de madeira antes do Cozimento usando "flash" do vapor do próprio Digestor ou vapor vivo como elemento de aquecimento.

Unidade de Controle ou Unidade de Combustão

É uma parte individual do equipamento da caldeira, incluindo, mas não limitado aos seguintes equipamentos: queimador térmico, forno de cal, fornalha de caldeira de recuperação, aquecedor de processo, ou caldeira, usados para oxidação térmica dos vapores poluentes do ar proveniente de compostos orgânicos perigosos ou extraídos de combustíveis líquidos do processo, tais como, terebentina ou metanol. Esta Norma levará em consideração apenas a fornalha de caldeiras de recuperação como unidade de controle.

Gases Não-Condensáveis Concentrados (GNCC)

Gás contendo uma concentração de compostos de enxofre e/ou terebentina, metanol e outros hidrocarbonetos que encontram-se acima do limite superior de explosividade (LSE), freqüentemente chamados de gases de alta concentração e baixo volume ("low volume, high concentration gases" - LVHC). A definição dos GNCC é exclusiva para volume (gás).

Sistema de Coleta de GNCC

É o sistema de coleta e transporte usado para transportar gases das fontes geradoras de GNCC até a fornalha da caldeira de recuperação ou outra unidade de combustão.

Sistema de GNCC

São os equipamentos de coleta de gases incluindo entre eles o Digestor, Recuperação de Terebentina, Evaporadores e Sistemas de Coluna de Destilação (Stripper) e Coleta e Tratamento de Gases e Condensados.

Gases Não-Condensáveis Diluídos (GNCD)

Gás contendo uma concentração de compostos de enxofre que encontra-se abaixo do limite_inferior de explosividade (LIE), freqüentemente chamados de gases de alto volume e baixa concentração ("high volume, low concentration gases"-HVLC). A definição dos GNCD é exclusiva para volume (gás).

Sistema de Coleta de GNCD

É o sistema de coleta e transporte usado para transportar gases das fontes geradoras de GNCD até a caldeira de recuperação ou outra unidade de combustão.

Sistema de GNCD

São os equipamentos de coleta de gases incluindo entre eles os filtros lavadores de polpa, o refinador de nós, telas e sistemas de deslignificação de oxigênio, tanques de estocagem de licor e tanques de mistura de licor (localizados na área da caldeira).

EPA - "Environmental Protection Agency"

Agência de Proteção Ambiental (Norte-Americana)

Procedimento de Parada de Emergência (PPE) - "Emergency Shutdown Procedure" (ESP)

São as etapas utilizadas para o processo de parada rápida da caldeira de recuperação, usando o método de interrupção imediata de queima. Este procedimento é usado para reduzir a possibilidade de uma condição insegura, especialmente quando se tem água entrando na fornalha através do vazamento de algum tubo da parede d'água, provocando explosão tipo contato fundido-água. Nestas situações, os instrumentos de operação tais como válvulas e "dampers" são automaticamente colocados numa posição segura e a queima de licor é imediatamente interrompida. (Veja maiores detalhes nas Diretrizes do BLRBAC para Queima Segura de Licor Preto).

Inflamável

Refere-se à característica de explosividade do combustível que pode ser gasoso, líquido ou sólido, sendo fácil de entrar em ignição e/ou queimar rapidamente.

Limites de Flamabilidade

Um combustível é considerado inflamável quando sua faixa de flamabilidade encontra-se entre os limites superior (LSE) e inferior (LIE) de explosividade.

Gases Poluentes Perigosos (GPP) - "Hazardous air pollutants" (HAP)

Fase I do documento "Regras do EPA" (EPA Cluster Rules) indicando padrões para estas emissões em todas as instalações de polpeamento e branqueamento nos EUA.

Alto Volume e Baixa Concentração (AVBC)

Genericamente estes gases representam elevados fluxos volumétricos com uma baixa concentração de compostos de enxofre situando-se abaixo do limite inferior de explosividade (LIE). O termo não é abrangente para todos os fluxos de baixa concentração de uma fábrica, pois alguns são de baixo volume de enxofre. (Ver definição de gases não-condensáveis diluídos).

Limite Inferior de Explosividade (LIE)

Uma mistura ar-combustível abaixo deste limite não possui combustão suficiente para suportar uma chama (ignição). O LIE é dependente do combustível utilizado (Ver limite de flamabilidade).

Máxima Propagação de Chama (MPC)

É a velocidade máxima pela qual uma chama irá viajar através do vapor/gás combustível.

Metanol (CH₃OH)

É um álcool produzido durante etapas dos processos de Cozimento e Branqueamento da polpa através da decomposição de grupos metóxis da lignina. O metanol é

combustível e fornece valores positivos de energia disponível. O metanol é solúvel em água, sendo encontrado em solução ou na forma de vapor.

Gases Não-Condensáveis (GNC)

Se refere a todos os gases que contêm enxofre e/ou compostos orgânicos em sua composição, tais como, GNCC, GNCD e Gases de Saída da Coluna de Destilação (GSCD)- "Stripper off-gas"(SOG). Algumas fábricas se referem a GNC como ETR ("TRS").

Polpa Completamente Seca (PCS) - "Oven-dried pulp-ODP"

É uma amostra de polpa com zero por cento (0,0%) de umidade em peso (polpa 100% seca).

Outros Gases Residuais

Referem-se a quaisquer outros gases residuais combustíveis que podem ser identificados no futuro visando um sistema de tratamento e coleta similar ao utilizado para GNC.

Prédio da Caldeira de Recuperação (ou área)

Este termo se refere à construção onde localiza-se a caldeira de recuperação, seu limite de isolamento ou circunvizinhanças que devem ser usadas para identificar as áreas restritas da caldeira que são afetadas quando do acionamento do PPE . Neste evento, não é permitida a entrada de pessoas ao prédio da caldeira até que todo o PPE seja concluído.

Óleo Vermelho - "Red oil"

É a mistura entre terebentina e compostos de enxofre total reduzido ETR ("TRS")

Sabão

É o produto formado durante o processo de cozimento de polpas de fibra longa ("softwood") através da reação do álcali com os ácidos graxos da madeira.

VSC - Válvula de Segurança de Corte - SSV ("safety shutoff valve")

Gases de Saída da Coluna de Destilação (GSCD) - "Stripper off-gas (SOG)"

São formados pelo metanol, gases reduzidos de enxofre e outros gases voláteis que são removidos através dos processos de Destilação e Tratamentos de Gases e Condensados, sendo provenientes de fontes como Digestor e Evaporação. (Esta definição é diferente da apresentada no "Cluster Rule").

Tonelada Por Dia (TPD) - entenda-se tonelada métrica

Quando utilizado, este termo é qualificado pela adição de frases como "polpa não-branqueada seca ao ar ou a peso constante", indicação se a polpa é "branqueada ou não-branqueada", "sólidos secos de licor preto a peso constante", etc..

Enxofre Total Reduzido (ETR) -"Total Reduced Sulfur (TRS)"

São os compostos totais de enxofre presentes nas emissões de sulfatos gasosos, condensados e águas contaminadas sendo resultantes das reações de redução do enxofre ocorridas no processo de cozimento da celulose. O ETR ou "TRS" é tipicamente constituído pelos seguintes compostos de enxofre:

Sulfeto de Hidrogênio (H_2S);
Metil Mercaptana (CH_3SH);
Dimetil Sulfeto (CH_3SCH_3); e
Dimetil Dissulfeto (CH_3SSCH_3)

Limite Superior de Explosividade (LSE)

Uma mistura ar-combustível acima deste limite é muito rica em combustível (Oxigênio insuficiente - pobre) para suportar uma chama. O LSE é dependente do combustível utilizado (Ver limites de flamabilidade).

CAPÍTULO 3 - CONSIDERAÇÕES PRINCIPAIS

(BLRBAC-Revisão 1-10/05/99)

Introdução

A prática da oxidação térmica dos GNC's em caldeiras de recuperação apresenta-se aos Operadores e Projetistas do sistema com considerações que requerem sua especial atenção. O conteúdo deste capítulo das "Práticas Recomendadas" descreve algumas destas considerações principais. Estas considerações são apenas informativas e não servem como instrumento para projeto dos referidos sistemas.

Explosão

Por definição, os GNCD são gases cujas fontes/origens encontram-se abaixo do limite inferior de explosividade (LIE) e por outro lado os GNCC são gases cujas fontes encontram-se acima do limite superior de explosividade (LSE), conforme visto no capítulo anterior. Algumas fontes individuais de GNCD podem possuir, durante a operação, concentrações acima do LIE, especialmente aqueles gases exauridos dos silos de cavacos, tanques de descarga do digestor e tanques lavadores de espuma/sabões. A corrente combinada de gases de várias fontes de um sistema de GNCD requer que este sistema seja projetado para operar abaixo do LIE uma vez que o conteúdo de oxigênio presente será sempre suficiente para que a combustão ocorra.

Os GNCC e GSCD são considerados gases não-inflamáveis devido ao seu baixo conteúdo de oxigênio. Entretanto, a composição deste fluxo de gases nem sempre está acima do LSE. O risco de explosão ocorre quando a composição do gás muda e a concentração dos constituintes deste gás ou o oxigênio presente aproximam-se dos seus limites de explosividade. Tais alterações nas condições de composição dos sistemas de GNCC ou GSCD podem ocorrer devido a erros operacionais (falhas humanas), falhas de sistemas ou infiltração de ar devido a vazamentos de flanges, gaxetas ou válvulas das unidades sob vácuo dos aquecedores do sistema de coleta de gases. Para o caso dos fluxos de GNCD, a infiltração de ar provocará apenas uma maior diluição destes gases reduzindo em muito seu risco de explosão. A utilização de monitores para LIE fornece subsídios aos Operadores afim de identificar que os gases estão a uma concentração bem abaixo do LIE. Os limites de explosividade dos constituintes dos GNC encontram-se listados na Tabela 1.

Tabela 1 - Limites de Explosividade dos Constituintes dos GNC's ¹

| Constituintes dos Gases | Limite Inferior de Explosividade (LIE) % em volume do ar | Limite Superior de Explosividade (LSE) % em volume do ar |
|---|---|---|
| Terebentina (alfa-pinene) | 0,8 | Não definido |
| Metanol (CH ₃ OH) | 7,3 | 36 |
| Sulfeto de Hidrogênio (H ₂ S) | 4,3 | 45 |
| Metil Mercaptana (CH ₃ SH) | 3,9 | 21,8 |
| Dimetil Sulfeto (CH ₃ SCH ₃) | 2,2 | 19,7 |
| Dimetil Dissulfeto (CH ₃ SSCH ₃) | 1,1 | 16,1 |

Burgess definiu valores de limites de explosividade que são similares ou muito próximos dos valores descritos acima². Além disto o referido autor indica que geralmente são considerados aceitáveis os valores de gases combinados na faixa de 2% para LIE e 50% para LSE, isto é, os gases são inflamáveis quando situam-se na faixa de 2 a 50% para todos os combustíveis.

Devido à natureza explosiva dos constituintes dos GNC's, os fluxos de GNCD, GNCC e GSCD devem ser coletados e transportados em linhas e tubulações dedicadas e separadamente. A mistura de GNCD e GNCC podem diluir os fluxos concentrados abaixo do LSE e colocar os respectivos gases resultantes dentro da faixa explosiva. Combinando-se fluxos de Gases de Saída da Coluna de Destilação (GSCD) com outros gases concentrados pode-se produzir fluxos de duas fases de condensação dos constituintes do GSCD. A terebentina é uma preocupação primária em função de seu muito baixo limite de explosividade e muito rápida velocidade de propagação de chama (160 m/s) comparado com a velocidade de chama do metanol (0,51 m/s) e metil mercaptana (0,58 m/s)². A posição de aberto ou fechado para todas as válvulas de segurança de corte, VSC ("SSV"), devem ser confirmadas pelos limites de desvio que fornecem uma indicação para o painel de controle das condições vigentes bem como iniciar um alarme em caso de posicionamento incorreto.

O risco potencial de maiores e piores conseqüências é uma explosão destes gases numa caldeira de recuperação. Isto pode ocorrer se uma corrente de GNCC é introduzida dentro da fornalha sem a presença de um ignitor contínuo em serviço e inadequada temperatura da fornalha para a queima de combustível auxiliar e/ou a combustão adequada do licor preto, ou se uma corrente de GNCD que é usada como ar de combustão (geralmente na região do ar terciário) torna-se concentrada acima de seu LIE. As explosões de gases podem também ocorrer nos sistemas de manuseio e coleta de gases próximos à caldeira de recuperação. Estas explosões podem

¹ U.S. Bureau of Mines, Boletim N° 503

² Burgess, T. L., Noncondensable Gases, Chemical Recovery in the Alkaline Pulping Process, Capítulo 3

desencadear uma seqüência de eventos com seríssimas conseqüências (para o equipamento e as pessoas envolvidas) .

A velocidade da corrente de gases entrando na fornalha deve estar acima da velocidade de propagação de chama afim de reduzir a possibilidade do retorno de chama ("flashback"). A velocidade de propagação de chama para a corrente de gases contendo terebentina é muito alta e por este motivo torna-se praticamente impossível identificar se a terebentina não foi removida da corrente de gases antes da incineração. A contaminação da corrente de gases com terebentina é a causa mais freqüente de explosões em sistemas de manuseio de GNC em fábricas que utilizam madeira de fibra longa (pinus e araucária, dentre outros).

Os condensados formados pelos sistemas de coleta e transporte de GNC fornecem um caminho potencial para a água entrar nas aberturas (cavidades) da caldeira. A corrente de gases residuais são freqüentemente coletadas na forma de gases com alta umidade e assim são usados ejetores de vapor para uma primeira remoção desta umidade afim de direcionar os gases para os sistemas de coleta e transporte. O vapor arrastado através do sistema via ejetores serve para :1) purgar o oxigênio da tubulação; 2) limpar o condensado dos sifões para posterior remoção; 3) aquecer a tubulação antes da introdução do GNC quando em processo de partida do equipamento. Existe a possibilidade da formação de grandes correntes aquosas de gases provenientes do licor de extração do Digestor ou pela espuma formada nos Evaporadores (licor de fibra longa) e arrastada através do condensado contaminado enviado à Coluna de Destilação, retornando através dos sistemas de coleta de gases contaminados. As possíveis situações de entrada de água dentro da fornalha, incluem:

1. Inundação da corrente de gases com líquidos devido inadequada inclinação da tubulação de gases ou mal funcionamento dos drenos do sistema de transporte de gases. Condensação de grande quantidade de umidade do gás na tubulação fria ou dentro da caldeira durante processo de partida, paradas imprevistas ("trips") ou paradas emergenciais ("blackouts").

2. Uma explosão no sistema de manuseio de gases próximo à caldeira pode provocar danos às partes de pressão da caldeira resultando num possível vazamento de água para dentro da fornalha.

O Sub-Comitê de "Queima de Combustíveis Residuais" enfatiza a importância de se analisar cuidadosamente, durante a fase de projeto de sistemas de GNC's, todas ações e procedimentos automáticos que possam ocorrer durante situações de falhas, vazamentos ou outras condições anormais das fontes geradoras de GNC's ou na caldeira propriamente dita ou mesmo nos sistemas de transporte de gases. Esta análise deve incluir situações de partida, parada emergencial ou programada e condições anormais do sistema, considerando todas as fontes, tais como, Evaporadores, Condensados da Coluna de Destilação e do Digestor e a própria Caldeira.

Riscos com Terebentina

A causa mais predominante de explosões em sistemas de coleta , transporte e combustão de GNC's é a presença de terpenos (vapor de terebentina) na corrente de gases em concentrações que possam resultar numa mistura explosiva de gases. Estes gases podem entrar facilmente em ignição através de várias fontes tais como

eletricidade estática ou uma faísca elétrica ou ainda por ação de auto-ignição de alfa-pinenes (presentes nos gases) à temperatura de cerca 230 °C. Os limites inferior (LIE) e superior (LSE) de explosividade para o vapor de terebentina não são ainda bem identificados, entretanto os efeitos de sua explosão são bem conhecidos devido sua magnitude.

Procedimento de Parada de Emergência (PPE) -"Emergency Shutdown Procedure" (ESP)

Os procedimentos de operação "segura" para caldeiras de recuperação ensinam que o acionamento do PPE deve resultar em **imediate** interrupção e desvio das correntes de GNC's da fornalha para a atmosfera ou para outra unidade alternativa de oxidação térmica (por exemplo, um incinerador dedicado). Os GNCD, GNCC e GSCD , além de outros gases residuais que possam entrar no fornalha deverão ser automaticamente desviados a qualquer momento que houver o acionamento do "Procedimento de Parada de Emergência - PPE".

Corrosão

Em algumas situações, a introdução de gases diluídos junto a sistemas/dutos de gases existentes, têm provocado corrosão em pontos destes dutos. A elaboração e execução de projetos dos sistemas de coleta e transporte de gases de forma adequada irá minimizar o potencial de corrosão. Para condensar o vapor de água proveniente dos GNCD deve-se usar um resfriador de gases. Se for utilizado um condensador, deve-se instalar também um aquecedor (após o eliminador de gotas) afim de reaquecer os GNCD transportados. O aquecimento deverá fazer parte do sistema especialmente se considerarmos que os GNCD serão injetados dentro da fornalha através das portas de ar ou misturado com o ar de combustão via dutos de ar/gases. O sistema de transporte deverá ser projetado para liberar o gás a 50% ou menos de umidade relativa e para uma temperatura mínima de 70°C. A temperatura de queima deverá ser maior que o ponto de orvalho dos gases ácidos. Sistemas de coleta e transporte de gases tem sido projetados para temperaturas de 50°C a 150°C.

A correta e adequada seleção do material a ser utilizado é um ponto crítico afim de se evitar a corrosão. Como medidas adicionais para a segurança da instalação, pode-se instalar "cupons de corrosão" afim de monitorar a corrosão e prever o tempo de vida remanescente de um determinado sistema. Como medida mínima de segurança, todos os componentes dos sistemas de transporte e combustão de gases devem ser inspecionados com freqüência.

A oxidação térmica dos GNC's pode arrastar uma grande quantidade de SO₂ para a fornalha e aumentar o potencial de corrosão nas partes de pressão da caldeira. A corrosão nos balões da caldeira causadas por sulfatos ácidos tem sido reportada por inúmeras fábricas, especialmente nos EUA (onde tem-se várias caldeiras com "dois balões", de vapor e de água). A corrosão pode provocar falhas e vazamentos nas partes de pressão da caldeira. Adicionalmente, todos os queimadores e/ou eliminadores de chama ("flame arresters") dos sistemas de GNC's são bastante suscetíveis à corrosão e por isso necessitam ser freqüentemente inspecionados. A corrente de SO₂ nos gases que saem da caldeira de recuperação devem necessariamente ser mantidos com baixo nível/concentração afim de minimizar o potencial de corrosão. Uma consideração importante para oxidação térmica dos GNC'S

nas caldeiras de recuperação é que a concentração de queima do licor preto deverá ser suficientemente elevada (preferencialmente acima de 70%ss) para fornecer condições químicas à fornalha (incluindo alta temperatura na sua parte inferior) de tal forma a possibilitar o controle a níveis desejáveis (baixos valores) das emissões de SO₂ e taxas resultantes de corrosão.

O Subcomitê de "Queima de Combustíveis Residuais" dos EUA não possui qualquer informação de nenhuma caldeira que tenha sofrido corrosão nas partes de pressão onde a causa primária tenha sido admissão de correntes de GNC na fornalha. A experiência vigente com GNCD têm sido positiva, incluindo as instalações referenciadas da América do Norte. As caldeiras que queimam GNCC contendo elevadas concentrações de enxofre localizam-se principalmente na Europa e nos Países Nórdicos (Escandinávia) onde se queima licor preto com elevadas concentrações de sólidos secos (acima de 72%ss).*

Na América do Norte, onde o nível de sólidos secos tende a ser menor, existem poucas caldeiras de recuperação que oxidam térmicamente os GNCC.

Os Efeitos do Enxofre e Concentrações de Sólidos sobre as Emissões de SO₂

O "Cluster Rule" (Norma de Combustão Norte-Americana) exige que a incineração dos GNC's numa caldeira seja feita através da introdução de gases na "zona de queima" de tal forma a permitir a completa destruição destes gases via oxidação das partículas de dióxido de enxofre (SO₂). A "zona de queima" não é claramente definida.

O SO₂ produzido em uma caldeira de recuperação através da oxidação térmica do licor preto é lavado/reduzido pela ação da corrente de álcalis formados na parte superior da fornalha gerando o sulfato de sódio (Na₂SO₄) que se deposita nas superfícies dos tubos sendo posteriormente capturado pelos precipitadores eletrostáticos. Nesta condição, as reações químicas da própria caldeira de recuperação fornecem um mecanismo de auto-lavagem para as partículas de SO₂. Os fatores limitantes para a lavagem do SO₂ são as quantidades de hidróxidos alcalinos, a base de Sódio (Na) e Potássio (K), presentes na fornalha.

Em geral, caldeiras que trabalham com altas temperaturas no fundo da fornalha (aquelas com alta concentração de sólidos) irão volatilizar mais facilmente as partículas de sódio e assim ter maior eficiência de captação das partículas de enxofre. Existem muitos casos reportados na literatura citando caldeiras de recuperação que operam com baixas ou não-detectadas taxas de emissões de SO₂.

A alta eficiência de captação das partículas de enxofre nas fornalhas das caldeiras de recuperação é um dos fatores que torna a incineração de GNC's uma alternativa desejável e atraente para as indústrias. O impacto resultante das emissões formadas é menor quando comparado à outras unidades de incineração (tais como caldeiras auxiliares e incineradores dedicados) e o enxofre é mantido no ciclo de licor. Por exemplo, se uma fábrica queima cerca de 230 kg/h de enxofre extraído dos compostos de GNC's que entram na caldeira de recuperação apresentando uma eficiência de captação de 98%, obterá como resposta 225 kg/h de enxofre que será recuperado sob

* No Brasil também se pratica queima de sólidos com altas concentrações (entre 72- 75%ss) e já existem fábricas que queimam GNCC na fornalha (casos da VCP e Klabin e a partir de 2002 a ARACRUZ).

forma de sulfato de sódio ("saltcake") (equivalente a 10,3 ton/dia de NaHS ou 26,1 ton/dia de Na₂SO₄).

As análises de cinzas extraídas da caldeira de recuperação podem dar uma indicação de sua capacidade para lavar as partículas adicionais de enxofre. Se as cinzas coletadas no precipitador eletrostático contiverem grandes quantidades de partículas de carbonato de sódio (Na₂CO₃), significa que existem partículas de sódio disponíveis para absorver/lavar mais partículas de enxofre proporcionais ao conteúdo presente de Na₂CO₃. Investigações conduzidas pela Universidade de Toronto demonstraram que amostras de licor preto contendo concentrações acima de 70%ss possuem maior capacidade de formação de Na₂CO₃ nos gases de saída (indicando maior eficiência de absorção das partículas de enxofre)³. Os dados obtidos mostraram valores de cinzas geralmente contendo de 8-10 moles por cento de carbonato [CO₃/(Na₂ + K₂)], quando o licor preto é queimado a 70%ss. O nível de carbonato obtido em muitas instalações é suficiente para promover a sulfatação dos hidróxidos alcalinos promovendo assim uma completa remoção do SO₂.

Muitas instalações modernas de caldeiras de recuperação e um número crescente de velhas unidades já estão queimando licor preto com concentrações acima de 70%ss (sólidos secos). Uma das principais vantagens da queima de licor com altas concentrações de sólidos é que o conteúdo de SO₂ resultante nos gases residuais é desprezível. Isto é particularmente verdadeiro na América do Norte (e também no Brasil) onde os níveis de sulfidez do licor são normalmente na faixa de 25 a 30%. Para níveis de sulfidez na faixa de 40%, tais como verificado nos países Nórdicos, são ainda mais requeridos altas concentrações de sólidos afim de se obter negligenciáveis concentrações de SO₂ nos gases residuais. Alta concentrações de sólidos significa que menos água será introduzida na fornalha afim de absorver calor por evaporação, resultando em altas temperaturas na zona inferior da fornalha. Este processo provoca um aumento no nível de álcalis (Na e K) nos gases de saída (residuais) reagindo com o SO₂ que é também formado como um produto da combustão.

A operação com elevada concentração de sólidos apresenta diferentes condições de operação da fornalha e pode trazer problemas adicionais associados às modificações necessárias do sistema de licor preto para operar com o aumento conseqüente da viscosidade do licor (especialmente para as fábricas que processam licor de eucalipto). Os sistemas de licor deverão ser avaliados e, em muitos casos, completamente redimensionados para operar com altos níveis de concentração de sólidos.

O Efeitos da Introdução de GSCD sobre as Emissões de NOx

As correntes de GSCD (gases de saída da coluna de destilação) provenientes da Coluna de Destilação tipicamente contém amônia. A amônia presente pode estar em concentração suficiente para provocar a formação de NOx na caldeira de recuperação. Um estudo informa que aproximadamente 20% do Nitrogênio do licor preto é removido durante a Evaporação⁴. A maior parte deste Nitrogênio entra através dos condensados formados nos Evaporadores. O processo de Destilação ("Stripping") dos gases irá

³ Tran, H., Villarroel, R., Efeitos da Combustão de GNCC sobre a Eficiência da Caldeira de Recuperação e a Composição dos Particulados do Precipitador, Relatório não-publicado,

Reunião Anual de Pesquisadores, Centro de Celulose e Papel da Universidade de Toronto, Novembro 18-19, 1998.

⁴ Kymalainen, M., Forsen, M., Hupa, M., O destino do Nitrogênio no Processo Químico da Caldeira de Recuperação em Fábricas de Celulose Kraft, Procedimentos da Conferência Internacional de Recuperação Química, TAPPI Press 1998, p. 19-32

remover o Nitrogênio dos condensados onde o mesmo será finalmente encontrado nos GSCD. Tanto os fornecedores da Coluna de Destilação quanto o fabricante da caldeira deverão ser consultados para identificar os efeitos das emissões de NOx sobre as emissões da caldeira, se existirem.

Considerações de Saúde

Os GNCC e GNCD contém sulfeto de hidrogênio, assim como outros gases reduzidos de enxofre e podem ser perigosos para a saúde humana.

A natureza tóxica dos GNC's e os perigos potenciais de explosão devem ser cuidadosamente considerados nas condições de projeto e treinamento de novas unidades. A ruptura ou outras falhas nos sistemas de manuseio de gases podem permitir a entrada destes gases na caldeira de recuperação em concentrações perigosas. Precauções devem ser tomadas afim de minimizar o trajeto percorrido pelos GNCC dentro do prédio da caldeira. Devem também ser adotados "Procedimentos de Segurança Pessoal e Treinamento" para todo pessoal envolvido abrangendo todos os sistemas e demais equipamentos auxiliares. Devem ser instalados monitores contínuos para "ETR" afim de proteger e avisar o pessoal de operação no caso de vazamentos. Como precaução adicional, o pessoal de operação deverá ser equipado com respiradores individuais (instalados em locais de fácil acesso nas salas de controle ou pontos específicos da caldeira).

A corrente de GNCD contém normalmente compostos gasosos com baixíssimas concentrações representando um reduzido potencial de risco à saúde. Existem registros e relatórios operacionais sobre Operadores que tenham sofrido náuseas e tonturas como resultado do escapamento destes gases no interior do prédio da caldeira. Os gases provenientes dos respiros do Digestor podem apresentar maiores concentrações quando comparado aos demais GNCD e por isso constituem-se em gases mais perigosos.

Este manual de "Práticas Recomendadas" identificou alternativas para o tratamento e manuseio dos GNCD na região da caldeira de recuperação. Estas alternativas foram revisadas e serão apresentadas no Capítulo 4, à frente.

A Indústria Americana de Petróleo ("American Petroleum Industry - API") publicou o manual "API - Práticas Recomendadas 55" que constituem-se em Apêndices resumidos dos seguintes trabalhos : *Propriedades Físicas e Efeitos Fisiológicos do Sulfeto de Hidrogênio* ⁵ e *Propriedades Físicas e Efeitos Fisiológicos do Dióxido de Enxofre* ⁶ . O primeiro Apêndice apresenta a Tabela A-1 contendo as características típicas do Sulfeto de Hidrogênio, e a Tabela A-2, contendo o Resumo dos Valores de Exposição Ocupacional para o Sulfeto de Hidrogênio.

⁵ Apêndice A, com Tabelas A-1, Sulfeto de Hidrogênio, e Tabela A-2, Resumo dos Valores de Exposição Ocupacional para o Sulfeto de Hidrogênio, Práticas Recomendadas 55 do API, Práticas Recomendadas para Produção de óleo e gás e Operações de Plantas que processam gases envolvendo o Sulfeto de Hidrogênio.

⁶ Apêndice B, Prática 55, Propriedades Físicas e Efeitos Fisiológicos do Dióxido de Enxofre.

Complexidade do Sistema

A adição de corrente(s) adicional(s) de gases para a caldeira de recuperação aumenta a complexidade do sistema. Através da implantação e disponibilidade dos SDCD's (Sistemas Digitais de Controle Distribuído), de treinamentos adequados e de projetos precisos dos diversos sistemas, criou-se condições seguras afim de habilitar os Operadores com a complexidade deste sistema fazendo com que a operação da caldeira torne-se mais segura. Apesar dos GNCD serem considerados "ar mal-odroso" resultando em baixa complexidade para o sistema, tem-se os GNCC que devem ser tratados como combustíveis e serem operados por "Sistema de Gerenciamento de Queima" ("Burning Management System") de forma similar ao praticado com o sistema de gás natural, por exemplo.

Os erros/falhas operacionais são fortemente considerados a nível de projeto e operação de um sistema que visa introduzir os GNCC's dentro da fornalha da caldeira de recuperação. As instabilidades eventuais do sistema de incineração de gases podem trazer problemas à operação da caldeira e distrair a atenção dos Operadores. Isto aumenta a vulnerabilidade da caldeira de recuperação para outros riscos. De forma similar, falhas no sistema da caldeira de recuperação podem conduzir a condições inseguras para o processo de oxidação térmica dos GNCC's. Nestas situações, faz-se necessária uma imediata ação de desvio destes gases para os respiros externos da caldeira ou outra unidade de tratamento. As falhas que possam estar relacionadas com os intertravamentos normais de segurança da caldeira de recuperação devem ser motivos adicionais para o imediato desvio dos GNCC's para fora da caldeira de recuperação, como por exemplo, quando a carga da caldeira estiver abaixo do mínimo recomendado por este manual de "Práticas Recomendadas" (abaixo de 50% da carga de geração térmica projetada). As condições para parada e desvio das correntes de gases para a caldeira serão melhor especificadas no Capítulo 5 intitulado "Diretrizes para Oxidação térmica de GNCC e GSCD".

Integração e Confiabilidade dos Sistemas de Transporte

Embora a execução precisa e adequada dos sistemas de transporte seja um dos aspectos mais importantes da combustão dos GNC's, isto está além do escopo deste documento. As especificações para condicionamento dos gases requeridas para sua introdução na caldeira de recuperação encontram-se incluídas nos Capítulos 4 e 5, deste manual. Recomenda-se proceder ao resfriamento do gás desde a sua fonte afim de remover a umidade presente e reduzir seu volume. Os intertravamentos devem ser definidos de tal forma que procedam o isolamento do sistema de transporte de gases da caldeira de recuperação sempre que houver ocorrência de condições anormais de um gás específico ou nas próprias condições da caldeira, ou mesmo em falha de instrumentos. Em outras palavras, o sistema deve ser seguro contra falhas ("fail safe").

Entradas ("Input")

O projeto de uma nova caldeira de recuperação fornece aos Engenheiros e Projetistas a oportunidade de avaliar e levar em consideração a carga adicional de calor que será incorporada à fornalha com as correntes de GNC introduzidas. As dimensões da fornalha, a localização dos pontos de entrada de GNC, assim como a localização e volumes de ar nas portas de ar, são condições que devem ser otimizadas pelos projetistas durante a concepção do projeto.

No caso de uma caldeira existente, devem ser considerados todas as limitações da caldeira e de seus equipamentos auxiliares sempre que se for projetar um sistema de oxidação térmica dos GNC's. Estas limitações deverão ser analisadas de forma global e numa base específica (caso a caso). Nos casos onde a capacidade da caldeira de recuperação é limitada pela entrada de calor faz-se necessário diminuir proporcionalmente a admissão de licor preto quando se queima também GNC. Como um exemplo de ordem de grandeza, se uma fábrica queima simultaneamente GNCC e GSCD a cerca de 5.097,6 m³/h com um poder calorífico médio de 0,578 Kcal/m³, isto resultará numa liberação de entrada de calor da ordem de 2.946 Kcal/h. Assumindo-se que uma caldeira de recuperação possua uma máxima entrada de calor proporcional à capacidade de queima de 1.589 tss/dia de sólidos do licor preto com um poder calorífico de 3,67 Kcal/kg, esta caldeira promoverá uma liberação de calor através da combustão do licor preto da ordem de 242.920.000 Kcal/h. Isto significa dizer que a entrada de calor dos GNCC/GSCD é equivalente a aproximadamente 1,2% da entrada de calor correspondente ao licor preto (i.e., para manter a mesma taxa de calor na fornalha, a fábrica deverá considerar a redução da queima de licor proporcional à taxa de calor de entrada correspondente a 1,2% do calor total gerado).

Muitas caldeiras de recuperação da América do Norte consideradas para oxidação térmica do GNCC requerem um aumento no nível de concentração de sólidos secos do licor para garantir que os compostos de SO₂ formados não sejam arrastados pela caldeira. (sejam oxidados na oxidação térmica na fornalha). Além de outros benefícios do aumento da concentração de sólidos do licor, tem-se a redução do volume de gases arrastados, fornecendo uma oportunidade para aumento da entrada de calor na fornalha sem aumentar a velocidade dos gases na fornalha ou através das superfícies de convecção. (com o aumento de sólidos têm-se como consequência maior liberação de calor por radiação na fornalha com maior absorção pelas paredes e maior temperatura na zona inferior, reduzindo assim os gases arrastados e sua velocidade ao longo das superfícies de troca térmica da caldeira).

A entrada atual de calor através do GNC irá depender da composição da corrente de gases presentes. Na Tabela II abaixo, estão listados os calores de combustão para os diferentes tipos de componentes do GNC.

Tabela II - Calores de Combustão para os Principais Componentes do GNC ⁷

| Componente | Poder Calorífico Superior (Kcal/kg) |
|-----------------------|---|
| Metanol (gás) | 5 430,00 |
| Terebentina | 9 940,00 |
| Sulfeto de Hidrogênio | 3 650,00 |
| Metil Mercaptana | 6 240,00 |
| Dimetil Sulfeto | 7 380,00 |
| Dimetil Dissulfeto | 5 650,00 |

Condições da Caldeira de Recuperação

Em geral, fica sempre mais fácil projetar sistemas auxiliares para tratamento e coleta de gases para novas unidades do que para reforma ou ampliação de unidades existentes. Conforme mencionado acima, a entrada de calor na caldeira pode se transformar numa preocupação adicional para as unidades existentes. As caldeiras

antigas, em particular, possuem pequena altura de fornalha que comprometem o tempo de residência e a liberação de calor por unidade de volume alimentado. Outro aspecto a ser considerado é a construção das paredes da fornalha. As unidades construídas com paredes membranas possuem integridade de parede questionável para a absorção de GNC. No caso dos GNCD, a integridade dos dutos de gases também é um item a ser observado cuidadosamente. Se as condições dos dutos de gases atuais não forem considerados seguros e compatíveis para o transporte de GNCD, faz-se então necessária a construção/projeto de sistema de dutos separados (isolados dos dutos atuais). Esta prática têm sido adotada para algumas unidades existentes.

⁷ Coleta e Queima de Gases Não-Condensáveis - Práticas Atuais, Experiência Operacional e importantes aspectos de Projeto e Operação, Boletim Técnico Nº 469, NCASI, 29/08/1985.

CAPÍTULO 4 - RECOMENDAÇÕES PARA A OXIDAÇÃO TÉRMICA

DOS GASES NÃO-CONDENSÁVEIS DILUIDOS (GNCD)

INTRODUÇÃO

Estas recomendações tratam do uso da caldeira de recuperação, seus controles e dispositivos para a oxidação térmica dos GNCD.

Segurança

O sistema deve considerar a segurança pessoal e dos equipamentos. Os GNCD são considerados como “ar com odor” e não como combustível. Tanto o sistema como os equipamentos utilizados devem ser dimensionados para atender as seguintes exigências:

- vazamentos de GNCD no prédio da caldeira devem ser evitados aplicando todos os recursos disponíveis
 - Não pode haver entrada de condensado dentro da fornalha da caldeira
 - Considerações especiais devem ser tomadas com os gases do silo de cavacos em função de que em casos especiais eles podem tornar-se inflamáveis
 - Em nenhum caso as recomendações de segurança podem ser menos restritivas que os seguintes documentos publicados pelo BLRBAC.
1. "Recommended Good Practice for the Safe Firing of Auxiliary Fuel in Black Liquor Recovery Boilers".
 2. "Recommended Good Practice for the Safe Firing of Black Liquor in Black Liquor Recovery Boilers" .
 3. "Instrumentation Checklist and Classification Guide for Instruments and Control Systems Used in Operation of Black Liquor Recovery Boilers".
 4. "Recommended Rules for Personnel Safety of Black Liquor Recovery Boilers".

Fontes

Respiros do silo de cavacos
Respiros dos tanques de descarga e tanque pulmão
Respiros da tubulação do digestor
Respiros da estocagem de massa marrom e do lavador de delignificação pós-oxigênio
Respiros da coifa dos cilindros lavadores
Respiros do reator de oxigênio e tanque de descarga
Respiros do depurador e peneira de cavacos
Restante dos respiros da linha de fibras e tanques de estocagem
Respiros dos tanques de licor negro fraco, forte e tanque de mistura
Respiros do tanque de separação de sabão de "Tall oil"
Respiros dos tanques de condensado limpo da evaporação

Sistema de Injeção de Gases na Caldeira de Recuperação

Os GNCD podem ser introduzidos de várias formas:

1. Na sucção dos ventiladores primário, secundário e terciário

2. Nos dutos de ar primário, secundário e terciário antes ou após o aquecimento do ar
3. Através de múltiplas entradas na região de entrada de ar de combustão do licor na fornalha

O método selecionado para introduzir o "ar com odor" dentro da fornalha requer considerar a concentração do gás no ponto de injeção e o fluxo volumétrico dos GNCD. No desenho do sistema onde os gases são introduzidos no duto de ar deve ser reconhecido o potencial de odores possíveis na área da caldeira por vazamentos em dutos, portas, etc. Um sistema utilizando múltiplas entradas independentes reduz a possibilidade de odores desagradáveis nesta região.

Os GNCD substituem parte do ar de combustão. De acordo com as condições de pressão e temperatura dos gases no ponto de injeção, deve ser avaliada esta substituição. A relação de vazão do ar a ser substituído é um fator a ser considerado. Alguns fabricantes de caldeiras de recuperação consideram que um máximo de 1/3 do total do ar pode ser substituído por GNCD. Devem ser consideradas as condições de cada instalação para definir o percentual de ar sendo substituído na região do ar de combustão do licor. Quando os gases são introduzidos na área do ar terciário, acima dos queimadores de licor, espera-se que o limite seja a quantidade de ar terciário utilizada. Neste caso todo o ar terciário pode ser substituído. Por outro lado é recomendável utilizar um percentual de ar para atender o controle do oxigênio e a operação em cargas reduzidas.

A estratégia final para introduzir os GNCD deve considerar o impacto potencial na chaminé da caldeira, principalmente com respeito ao "TRS". Fatores a considerar são o controle da combustão e picos de "TRS" que podem ocorrer em condições adversas de operação.

O exato método para introduzir o gás dentro da caldeira é determinado durante o projeto do sistema com concordância entre o fabricante da caldeira, os recursos de segurança do processo e as seguradoras.

COLETA E TRANSPORTE DOS GNCD

O sistema de bombeamento do gases deve ser instalado fora do prédio da caldeira e deve permitir ser acionado mesmo durante o processo de evacuação de um PPE. A injeção e reversão do gás na caldeira de recuperação devem ser controlados a distância a partir do painel da caldeira de recuperação.

Coleta de GNCD

Um estudo completo das características do gás deve ser feita para determinar a temperatura, vazão, umidade e limite inferior de explosividade (LIE) de cada fonte individual. Este estudo deve ser feito na condição normal e na condição de máxima capacidade em condições adversas.

Gases do Silo de Cavacos do Digestor

É possível atingir o grau de inflamabilidade dos gases do silo durante problemas operacionais, isto é especialmente verdadeiro quando opera-se com fibra longa onde a terebentina está presente nos gases de exaustão. Especial atenção deve ser dada ao projeto do exaustor de gases do silo para garantir que não opere com valores acima do LIE. As condições operacionais do silo como temperatura e pressão devem ser monitoradas e controladas e dispor de alarmes.

Os gases do silo devem ser resfriados para a retirada do condensado antes de enviar os gases ao sistema de coleta. Esta temperatura deve ser suficientemente baixa para assegurar que os vapores de terebentina sejam condensados. É sugerida uma temperatura máxima de 32 °C ou menos.

Bloqueios e respiros automáticos devem ser considerados para permitir isolar os gases do silo em caso de problemas associados à operação do silo.

Sistema de Transferência dos GNCD

Durante a transferência dos gases é reduzida a umidade por condensação removendo assim a água, vapores e outros compostos condensáveis. É sugerido como temperatura máxima 43°C ou menos. Um eliminador de gotas ou outro tipo de dispositivo de separação deve ser utilizado. O gás deve ser aquecido antes de ser injetado na fornalha da caldeira para prevenir a formação de água na entrada da caldeira ou corrosão nos dutos e/ou outros componentes.

A temperatura sugerida após o aquecimento é 65°C ou a temperatura equivalente a um mínimo de 50% de umidade.

O bombeamento do gás para a caldeira deve ser feito com ventiladores conforme Figura 001 com construção anti-faísca e devem ser capazes de agüentar sobrepressões instantâneas.

Um ponto baixo com dreno de selo líquido deve ser instalado na linha de gases antes da entrada no sistema da caldeira.

Um medidor de LIE deve ser utilizado para determinar o grau de inflamabilidade na caldeira de recuperação, o gás deve ser desviado quando este valor ultrapasse os 25% do LIE. Para os sistema com injetores independentes a pressão e vazão deve ser monitorada e dispor de alarme. Para o sistema com injetores independentes a pressão deve ser monitorada e dispor de alarme.

O sistema de transporte desde o ponto de coleta (sucção dos ventiladores) deve incluir os seguintes equipamentos: (Ver Figura 001)

- Ventilador de transferência/soprador
- Indicador local de pressão/vácuo antes e após o sistema de coleta.
- Resfriador condensador de gases e separador de umidade.
- Válvula de respiro automática para atmosfera
- Válvula opcional para queima alternativa em outro local
- Medidor de temperatura para o aquecedor indireto ou sistema de recirculação de ar
- Dreno com selo nos pontos baixos
- Válvula automática de corte com bloqueio duplo e respiro
- Transmissão de vazão e pressão com alarme

Tubulação de GNCD e Equipamentos Auxiliares

Os equipamentos e dutos devem ser colocados preferencialmente fora da área da caldeira para minimizar o risco de exposição aos gases em função de um possível

vazamento. O sistema deve ser instalado para que seja o mais simples e descomplicado possível.

Os materiais recomendados são aço inox AISI 304L ou 316L ou outros metais com propriedades mecânicas e resistência à corrosão igual ou superior.

As tubulações de gases devem ser projetadas para evitar acúmulo de condensado.

As linhas de gás não devem passar por áreas críticas como o tanque dissolvente, fornalha, cantos da caldeira ou locais de trânsito de funcionários como a entrada e saída da caldeira

As tubulações devem ser dimensionadas para agüentar as sobrepressões instantâneas e deve ser dada atenção para os riscos de explosão por pressão e sobrecarga.

As válvulas automáticas de corte devem ser equipadas com vigias de posição.

As válvulas de respiro para a atmosfera devem ter indicação de falha de abertura.

Qualquer conexão para purga de água deve ser equipada com bloqueio duplo e válvula de purga ou carretel removível e interlockado conforme recomendação do documento "Safe Firing of Black Liquor in Recovery Boilers."

MONITORAMENTO E CONTROLE

O monitoramento e controle para o sistema de GNCD deve estar em concordância com o documento "Instrumentation Checklist and Classification Guide for Instruments and Control Systems Used in Operation of Black Liquor Recovery Boilers". O projeto do sistema deve atender as recomendações do "NFPA" e seguradoras.

SISTEMA DE SEGURANÇA

O sistema de GNCD é classificado como um "ar com odor" e não como sistema de combustível, portanto deve ser considerado como um fluxo de ar quando aplicado à secção "Recommended Good Practices for the Safe Firing of Auxiliary Fuels in Black Liquor Recovery Boilers".

Lógica de Permissão de Partida - GNCD

Para admitir GNCD na fornalha de recuperação, devem ser cumpridas as condições seguintes:

- Tempo de purga estabelecido e mantido
- Fluxo de vapor acima de 30% da CMC (Capacidade Máxima Contínua)
- Ventilador(es)/ soprador (es) de transferência de GNCD estão operantes (método preferido é utilizar indicação de velocidade do eixo)
- Temperatura dos GNCD acima do mínimo, depois do aquecedor
- Temperatura dos GNCD após o condensador, abaixo do máximo
- Pressão dos GNCD acima do mínimo
- Se os respiros de gás do silo de cavacos é incluído no sistema de coleta, a temperatura do gás depois do resfriador deve estar abaixo do máximo.

A lógica de permissão de partida para a oxidação térmica de GNCD é mostrado em Figura 002, que é exemplificado numa Carta de Explicação Lógica.

Lógica de Proteção de Desarme - GNCD

Qualquer uma das seguintes condições cortará o fluxo de GNCD para a fornalha:

- Desarme do Sistema de Combustível (perda do crédito de purga)
- Pressão baixa dos GNCD
- Parada do(s) ventilador(es) forçado(s)/soprador(es) de transferência de GNCD
- Temperatura alta do gás após resfriador de gas do silo de cavacos (se for o caso)
- Baixa temperatura dos GNCD após resfriador
- Fluxo de vapor da caldeira menos que 30% CMC
- Não fechamento da válvula de corte para o dispositivo de controle (se for o caso)
- Válvula de respiro automática não fechada

Lógica de proteção de desarme da oxidação térmica dos GNCD é mostrada na Figura 003, que é exemplificado na Carta de Explicação Lógica.

SEGURANÇA PESSOAL

Problemas operacionais relacionados com a coleta, tratamento e destruição do GNCD podem levar a acidentes e danos sérios.

O GNCD contém, entre outras coisas, H₂S, sulfetos orgânicos e metanol, e em certos momentos, até mesmo níveis altos de terebentina. Além do risco de intoxicação, há também risco de uma explosão de gás.

As recomendações "OSHA" (Occupational Safety and Health Association dos USA) deveriam ser consultadas relativas aos riscos e precauções para compostos perigosos presentes nos GNCD.

A instalação de um sistema de monitoramento de "TRS" para detectar níveis inseguros de gás na área de caldeiras deveria ser considerado. Os monitoramentos deveriam ser conforme as leis federais, estaduais, locais, e códigos de segurança e regulamentos da fábrica.

Inspeções diárias e controles são necessários para checar vazamentos no sistemas de GNCD. Vazamentos no sistema deverão ser corrigidos imediatamente.

Figura 001 – SISTEMA DE TRANSFERÊNCIA DE GNCD

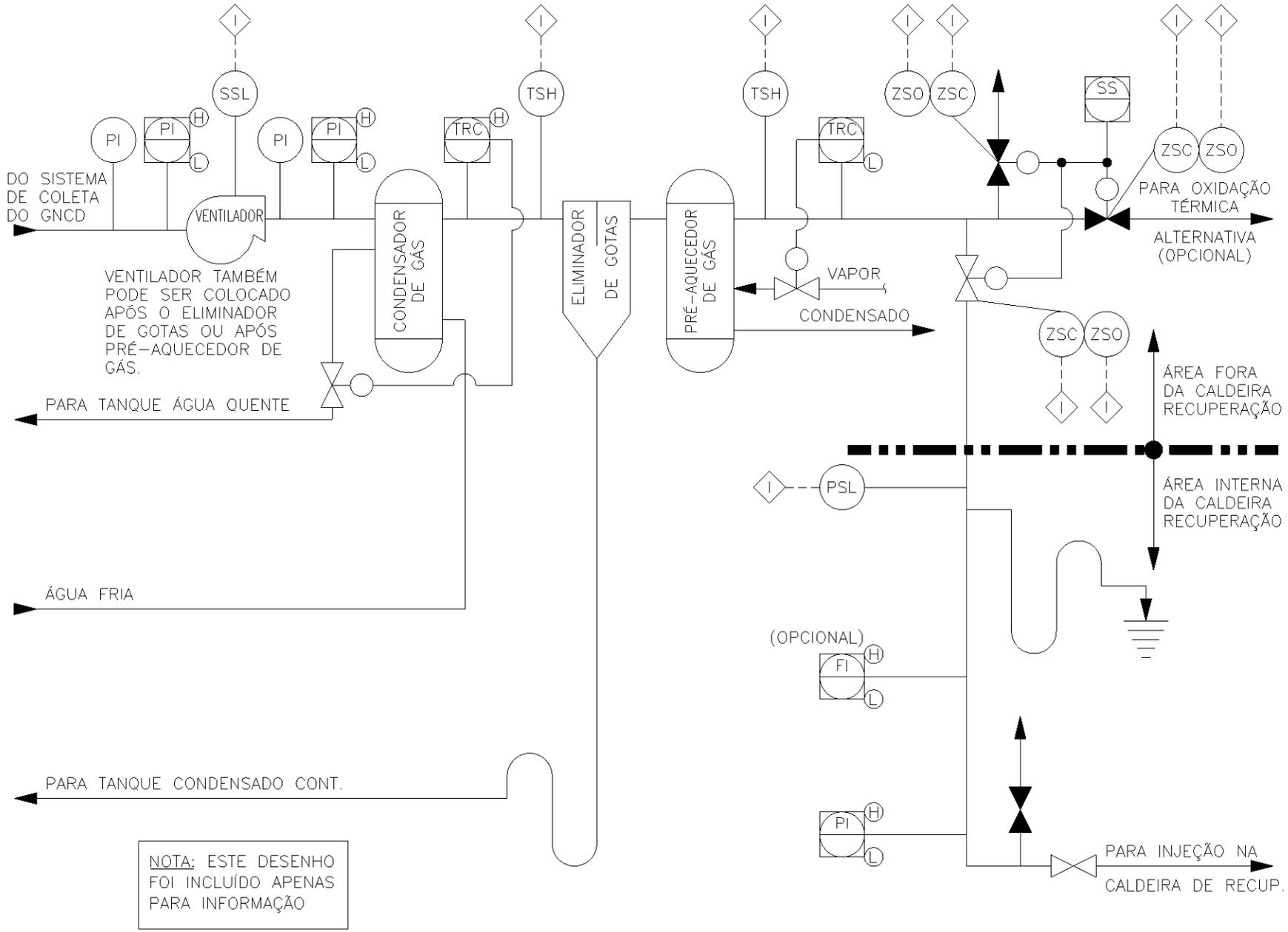
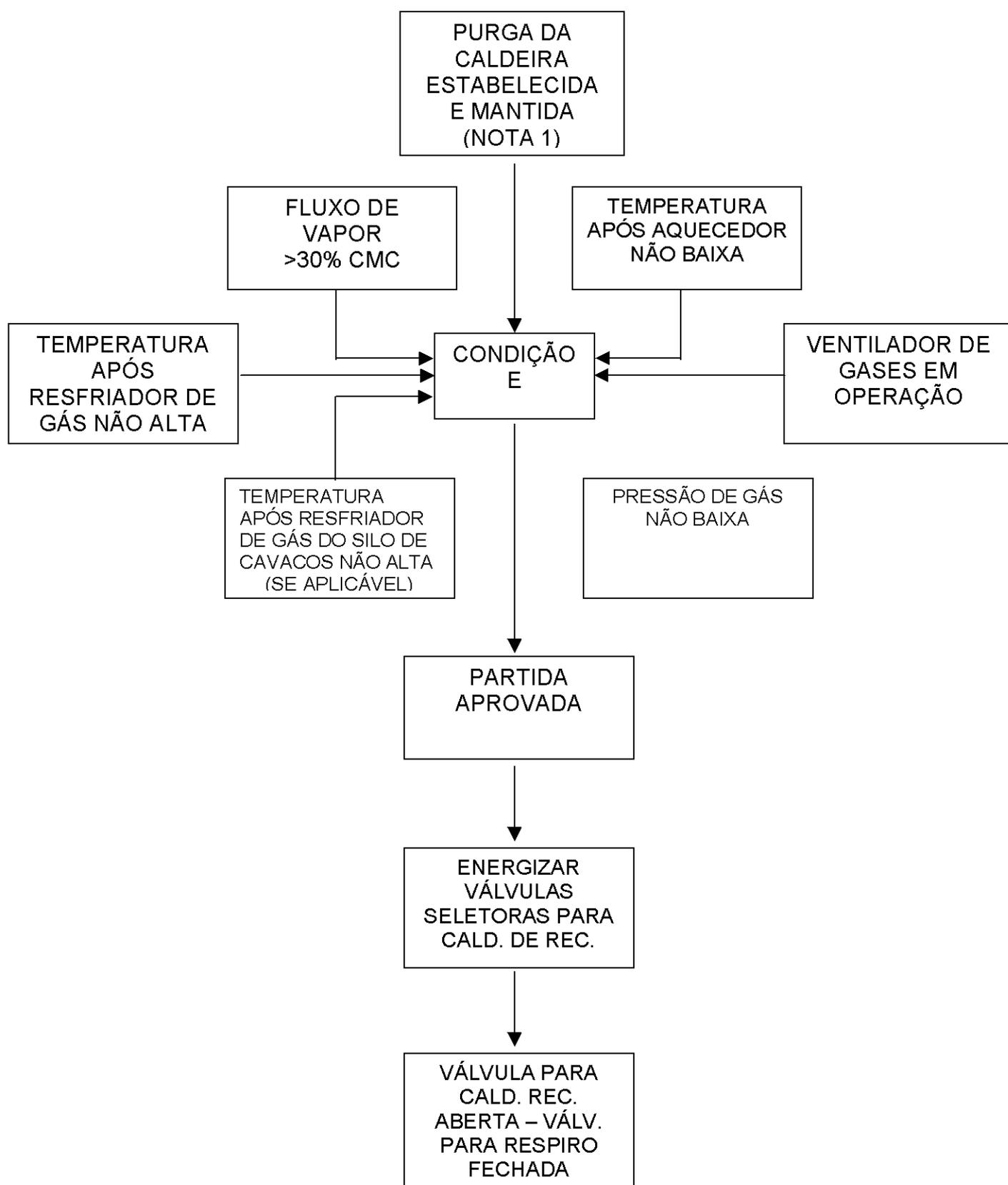


Figura 002 – LÓGICA DE PERMISSÃO DE PARTIDA-GNCD

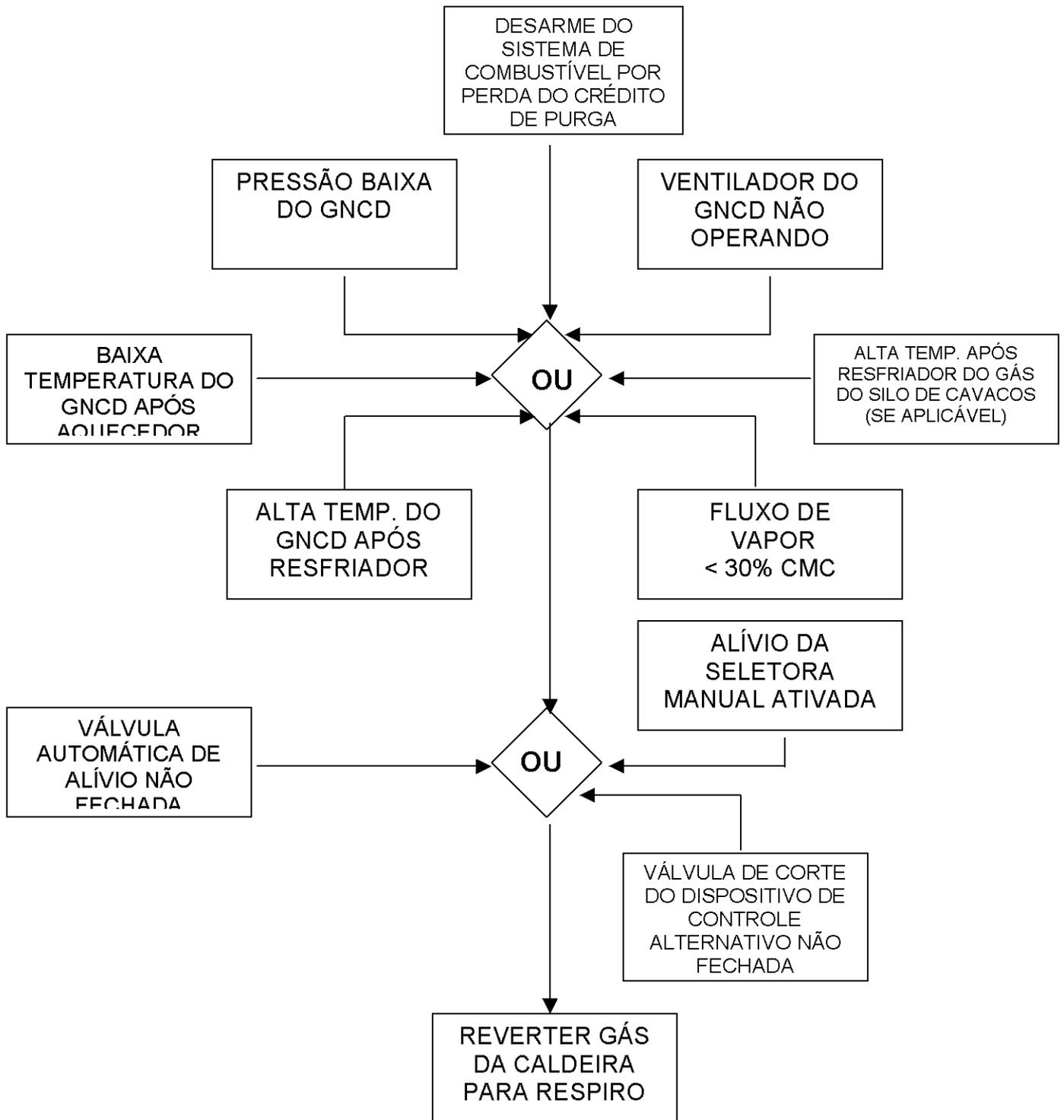


NOTA: -CRÉDITO DE PURGA – DE ACORDO COM FIG. 1A DA NORMA BLRBAC DE COMBUSTÍVEL AUXILIAR

**CARTA DE EXPLANAÇÃO LÓGICA DA FIGURA 002
LÓGICA DE PERMISSÃO DE PARTIDA – INJEÇÃO DE GNCD**

| BLOCO | PROPÓSITO | RISCO A SER EVITADO |
|--|--|--|
| Mantido Purga Da Caldeira (Da Fig. 1A, Lógica De Permissão de Partida, na Norma BLRBAC, de Combustível Auxiliar) | Garantir Permissão de Queima | Prevenir Introdução de GNCD Enquanto Caldeira Não Está Queimando |
| Fluxo De Vapor < 30% CMC | Garantir Combustão Estável Na Fornalha | Operação Instável da Caldeira. Pode Minimizar Tempo de Resistência na Fornalha ou Temperatura Muito Baixa Para Oxidação Correta. |
| Temperatura Não Baixa Após Aquecedor | Garantir Fase GAS Apropriada de GNCD | Prevenir Entrada De Líquido Na Caldeira |
| Ventilador de Gases em Operação | Garantir Suficiente Força Motriz | Propagação de Chama Pelo Bico ou Tubulação |
| Temperatura Após Resfriador Não Alta | Garantir Propriedades Corretas do Gás | Reduzir Volume do Gás e Umidade |
| Temperatura Após Resfriador de Gás do Silo de Cavacos Não Alta | Garantir Propriedades Corretas do Gás | Perigo de Explosão Devido ao Arraste de Terebintina |
| Pressão de GNCDE Não Baixa | Garantir Propriedades Corretas do Gás Emitidas na Velocidade Correta | |
| Partida Aprovada | Dar Permissão Após Satisfazer Intertravamentos | Intertravamentos OK |
| Energizar Válvulas Seletoras Para Caldeira de Recuperação | | |
| Válvula Para Caldeira de Recuperação Aberta – Válvula Para Respiro Fechada | Confirmar Válvulas na Posição Correta | |

FIGURA 003 – LÓGICA DE PROTEÇÃO DE DESARME - INJEÇÃO DE GNCD



NOTA : PERDA DO CRÉDITO DE PURGA / DESARME DO SISTEMA DE COMBUSTÍVEL – DE ACORDO COM FIGURA 1B DA NORMA BLRBAC DE COMBUSTÍVEL AUXILIAR.

**CARTA DE EXPLANAÇÃO LÓGICA DA FIGURA 003
LÓGICA DE PROTEÇÃO DE DESARME – INJEÇÃO DE GNCD**

| BLOCO | PROPÓSITO | RISCO A SER EVITADO |
|--|---|---|
| Perda de Crédito de Purga / Desarme do Sistema – De Acordo Com Fig. 1B da Norma BLRBAC de Combustível Auxiliar | Pare Introdução de GNC Quando Não São Atendidas as Permissões de Queima | Prevenir Introdução de GNCD Enquanto Caldeira Não Está Queimando |
| Pressão Baixa de GNCD | Garantir Propriedades Corretas do Gás Introduzidas na Velocidade Correta | |
| Ventilador do GNCD Não Operando | Garantir Suficiente Força Motriz | Propagação de Chama Pelo Bico Ou Tubulação |
| Baixa Temperatura do GNCD Após Aquecedor | Garantir Fase Gás Apropriada de GNCD | Prevenir Entrada de Líquido Na Caldeira |
| Alta Temperatura do GNCD Após Resfriador | Garantir Propriedades Corretas do Gás | Arraste de Líquido, Explosão se Temperatura For Acima do Ponto de Ignição |
| Fluxo de Vapor < 30% CMC | Garantir Combustão Estável Na Fornalha | Operação Instável da Caldeira Pode Minimizar Tempo de Residência na Fornalha, ou Temperatura Muito Baixa para Oxidação Correta |
| Alta Temperatura Após Resfriador do Gás do Silo de Cavacos | Garantir Propriedades Corretas do Gás | |
| Válvula Automática de Alívio Não Fechada | Garantir Fluxo Estável | Fluxo Estável Devido a Vazamento |
| Alívio da Seletora Manual Ativada | Queima Não Desejada | Sistema Exposto à Chama Sem o Mínimo Sinal de Fluxo |
| Válvula de Corte do Dispositivo de Controle Alternativo Não Fechada | Garantir Fluxo Estável | Fluxo Instável Devido a “Bypass” no Fluxo |
| Reverter GNCD da Caldeira Para Respiro | | |

CAPÍTULO 5 – GUIA PARA OXIDAÇÃO TÉRMICA DE GNCC

(Gases Não-Condensáveis Concentrados) E GSCD (Gases de Saída da Coluna de

Destilação)

INTRODUÇÃO

Estas práticas recomendadas apresentam o uso da caldeira de recuperação como o dispositivo de controle para a oxidação térmica de GNCC e GSCD.

Segurança:

Durante a oxidação térmica dos GNCC e GSCD, devem ser levados em conta cuidados de segurança para pessoal e equipamentos.

Os equipamentos para oxidação térmica bem como a captação e tratamento dos GCNC deverão ser designados e controlados de forma que:

- GNCC não pode vazar para dentro do prédio da caldeira de recuperação
- Condensado não pode ser carregado para dentro da caldeira de recuperação
- Fogo e explosão nos equipamentos e tubulações são prevenidos
- Ignição forçada dos gases entrando na fornalha é garantida

Em nenhum caso os requisitos de segurança poderão ser menos restritivos do que aqueles apresentados nas seguintes publicações do "BLRBAC":

- "Recommended Good Practice for the Safe Firing of Auxiliary Fuels in Black Liquor Recovery Boilers".
- "Recommended Good Practice for the Safe Firing of Black Liquor in Black Liquor Recovery Boilers".
- "Recommended Rules for Personnel Safety for Black Liquor Recovery Boilers".
- "Instrumentation Checklist and Classification Guide for Instruments and Control Systems Used in Operation of Black Liquor Recovery Boilers".

Fontes

GNCC

As principais fontes de gases não condensáveis concentrados (GNCC) são:

- Gases não condensáveis da evaporação de licor preto
- Respiros do tanque de condensado sujo, decantador de terebentina, tanque de terebentina, tanque de metanol e vários tanques pulmão
- Respiros de tanques de expansão, condensadores e equipamentos de processos específicos, os quais necessitam ser avaliados de modo individual, considerando classificação como GNC concentrados ou diluídos

Os gases do respiro do silo de cavacos do digestor não podem ser incluídos no sistema de GNCC em função de conterem alta quantidade de ar.

GSCD

GSCD vindo de condensado contaminado da coluna de destilação é tratado em um sistema separado e independente para a introdução dentro da fornalha de recuperação para oxidação térmica. Estes gases geralmente são os produtos gasosos do refluxo do condensador da coluna de destilação e refluxo do tanque e consistem principalmente de vapor d'água, metanol, compostos reduzidos de enxofre e potencialmente pequenas quantidades de terebentina e outros hidrocarbonos. Uma etapa adicional de processo é incorporada em algumas fábricas para condensar o metanol vindo dos gases e tratando o metanol líquido separadamente.

Respiros de um sistema condensador de alto sólido são similares em natureza ao GSCD vindo de uma coluna de destilação e pode ser tratado em um sistema similar no projeto ao que é usado para GSCD. O sistema deve ser independente de outros sistemas de GNC, da fonte ao final, incluindo o queimador.

Como uma opção, GSCD, pode ser modificado pela remoção do metanol contido. O gás restante é um pequeno volume de GNCC.

Queimador Dedicado

Um queimador dedicado deverá ser usado para oxidação térmica de GCNC e GSCD na caldeira de recuperação.

O queimador deverá ser equipado de um ignitor contínuo e detector de chama ignitora. Este arranjo vai prover uma queima mais estável e segura dos gases em relação aos arranjos que dependem do calor da combustão do licor negro para manter a oxidação térmica do GNC. Este arranjo considera que não existe um meio viável de detectar a perda da chama do licor negro para cortar os fluxos de GNC para a caldeira de recuperação.

É possível que o queimador dedicado possa também ser usado para a oxidação térmica do metanol e terebentina na fornalha de recuperação. Uma atividade futura do "Waste Streams Subcommittee" é considerar orientações para introdução destes na fornalha de recuperação.

A Caldeira de Recuperação como Dispositivo de Controle Primário

Quando a caldeira de recuperação é usada, esta deve ser o dispositivo de controle primário. Na caldeira de recuperação os compostos de enxofre nos GNC são capturados de volta ao processo. Quando a caldeira de recuperação é o dispositivo de controle primário, o efeito do GNC sobre o balanço de sódio-enxofre da caldeira de recuperação será constante. Este balanço poderá ser modificado se a caldeira de recuperação for usada como um dispositivo de controle secundário com o GNC sendo oxidado termicamente na caldeira intermitentemente.

COLETA E TRANSFERÊNCIA DE GNCC E GSCD

Uma completa amostragem e estudo de avaliação de todos os componentes de GNCC e GSCD deverá ser realizada para determinar temperatura, fluxo volumétrico, conteúdo de umidade e percentagem do LSE (Limite Superior de Explosividade) de cada fonte individual. Este estudo deverá incluir as condições normais de operação e máxima com as condições limite.

Estes dados devem ser usados por um especialista qualificado para determinar a condição operacional e propriedades dos vapores combinados do GNCC e fluxo de GSCD na caldeira de recuperação.

O equipamento motor para coleta dos gases e o sistema de desvio devem estar localizados em uma área fora da área da caldeira de recuperação, assim eles podem ser acessados inclusive quando a caldeira de recuperação é evacuada.

Quando as atividades são sujeitas a climas frios com temperaturas abaixo do ponto de congelamento, precauções deverão ser tomadas para localização dos equipamentos em ambiente aquecido. Controle do sistema deve ser da sala de controle da caldeira de recuperação. A engenharia deve prover alta prioridade na seleção do ejetor e outros componentes de controle para maximizar o melhor controle e segurança do sistema de GNCC.

GNCC

As fontes dos gases conectados ao sistema de GNCC deverão ser de tal natureza que ar não possa entrar no sistema.

O GNCC do ponto comum de coleta para o queimador de gases contaminados pode ser tratado em duas diferentes formas:

- Sistema de transferência de fase vapor (não envolvendo condicionamento de gás e sem mudança na concentração dos componentes).
- Sistema de transferência de gás condicionado.

Sistema de Transferência de Fase Vapor

Após o ponto de coleta comum os gases são transportados usando um ejetor de vapor ou soprador de anel líquido diretamente para o sistema do queimador de gases contaminados. Nenhum condicionamento envolvendo alguma mudança na concentração dos componentes é realizada.

O sistema de tubulação que inicia no ejetor de vapor (soprador de anel líquido) tipicamente inclui os seguintes equipamentos:

Figura 011 – Equipamentos fora da área da caldeira de recuperação.

- Ejetor de vapor ou soprador de anel líquido
- Transmissor de temperatura para monitoramento com alarme alto e baixo localizado após o ejetor de vapor (soprador de anel líquido)
- Eliminador(es) de condensado (com perda de pressão monitorada e alarme alto de diferencial de pressão)

- Transmissor de fluxo com função de intertravamento
- Linha de respiro na tubulação principal com válvula automática, função de drenagem incluída
- Válvula de bloqueio automática na linha da caldeira de recuperação
- Interligação para alterar dispositivo de oxidação térmica (opcional)
- Conexão de purga com vapor

Figura 012 – Equipamentos dentro da área da caldeira de recuperação.

- Linha de respiro da caldeira de recuperação, com válvula automática, função dreno incluída
- Válvula de bloqueio duplo automática e válvula de drenagem (localizada junto ao queimador)
- Relês de pressão e temperatura para função de intertravamento localizada antes das válvulas de bloqueio duplo automática e de drenagem
- Transmissores de monitoramento de pressão e temperatura com alarme de alto e baixo localizados antes das válvulas de bloqueio duplo automática e de drenagem

Dispositivos corta chama ou corta detonação (com monitoramento de diferencial de pressão e alarme alto de diferencial de pressão) localizado antes das válvulas de bloqueio duplo e de drenagem.

Os seguintes equipamentos deverão ser colocados no sistema como requerido:

- Disco(s) de ruptura
- Drenos de pontos baixos
- Traço de vapor de aquecimento e/ou aquecedor de vapor indireto (não mostrado nas figuras)

A intenção do projeto do sistema é o de garantir que nenhum condensado dos componentes condensáveis como metanol, água ou terebentina possa acumular e causar distúrbios para o sistema queimador de gases contaminados ou à caldeira de recuperação.

A tubulação de GNCC deve ser severamente isolada para minimizar a formação de condensado na linha.

Dependendo das condições locais, aquecimento com traço de vapor deve ser considerado.

Sistema de Transferência de Gás Condicionado

Os seguintes equipamentos são incluídos em adição aqueles usados em um sistema de transferência de fase vapor:

- Resfriador de gás/condensador
- Pré-aquecedor indireto a vapor com auxiliares

Um sistema GNC concentrado com um pote de selagem é concebido para ser um sistema de transferência de gás condicionado. O pote de selagem é usado para isolar linhas e prevenir retorno. Isto vai atuar como um resfriador atemperador (de contato direto) e por isso vai promover condensação parcial.

O objetivo do Sistema de Transferência de Gás Condicionado é o de reduzir a quantidade de vapor de água e gases condensáveis e aumentar a eficiência térmica pela redução de perda através do vapor d'água.

O condensado deve ser tipicamente transferido para o sistema de tratamento de condensado sujo o qual pode incluir uma coluna de destilação a vapor.

A análise de gases necessita ser cuidadosamente avaliada antes e após o condensador com relação a faixa de explosão e características de combustão para determinar o impacto do condicionamento sobre o gás. Condensação de grandes quantidades de vapor d'água, metano e terebentina pode alterar o resultado da mistura de gás para a zona explosiva dependendo da quantidade residual de infiltração de ar e concentração de gás combustível.

O calor específico e características de combustão podem também ser mudadas devido a condensação de terebentina e metanol.

Assim é recomendado aquecer o gás após o resfriador e/ou colocar traço de vapor na tubulação para aumentar a temperatura de operação do sistema de queima de gás para bem acima do ponto de orvalho e protegê-lo de distúrbios devido aos condensados.

GSCD

GSCD é basicamente uma mistura de compostos de ETR ("TRS"), metanol e vapor nas condições de vapor saturado que pode ser aquecido tal qual outros GNCC. Frequentemente a pressão do gás na descarga do condensador da coluna de destilação é muito maior do que outros fluxos de GNCC.

O GSCD deve ser manejado em linhas separadas de outros GNCC para prevenir condensação dos constituintes dos GSCD no sistema de coleta e para manusear as diferenças na pressão. O sistema de manejo do GSCD não realiza nenhum condicionamento envolvendo qualquer mudança na concentração dos componentes com exceção do sistema de coluna de destilação onde metanol é condensado e recuperado como líquido.

Condições limite causadas pelo arraste de licor negro ou lavagem da evaporação pode resultar na geração de espuma no condensado da coluna de destilação. Esta espuma pode então ser transportada com o GSCD para a fornalha de recuperação. Precauções devem ser tomadas para evitar arraste de espuma no GSCD para prevenir introdução de espuma na fornalha.

A tubulação de GSCD deve ser bem isolada da fonte para o queimador de vapores contaminados para minimizar formação de condensado na linha. Traço de vapor da tubulação de GSCD deverá ser considerada em climas frios.

Se os gases da coluna de destilação na fonte estão a uma pressão adequada para promover força motora para transportá-los eles para o queimador de gases contaminados, então o sistema de tubulação de alimentação para o queimador tipicamente poderá incluir os equipamentos abaixo.

Este arranjo poderá também ser aplicado para GNCC de um concentrador de altos sólidos.

Figura 011 – Equipamentos fora da área da caldeira de recuperação.

- Transmissor de pressão para manitoramento com alarme alto e baixo.
- Eliminador(es) de umidade (com monitoramento de diferencial de pressão)
- Transmissor de fluxo com função de intertravamento
- Linha de suspiro da tubulação principal com válvula automática, função de drenagem incluída
- Válvula de bloqueio automática na linha da caldeira de recuperação
- Interligação para ponto alternativo de oxidação térmica (opcional)
- Conexão para purga de vapor

Figura 012 – Equipamentos dentro da área da caldeira de recuperação.

- Linha de suspiro na caldeira de recuperação com válvula automática, função de drenagem incluída
- Válvulas automáticas de bloqueio duplo e válvulas de drenagem (localizadas junto ao queimador)
- Relês de pressão e temperatura para função de intertravamento com alarme alto e baixo localizado antes das válvulas de bloqueio duplo e válvulas de drenagem
- Transmissores de pressão e temperatura para o monitoramento com alarme alto e baixo localizado antes das válvulas de bloqueio duplo e válvulas de drenagem
- Corta chama ou corta detonação (com monitoramento de diferencial de pressão e alarme alto de diferencial de pressão) localizado antes das válvulas de bloqueio duplo e válvula de drenagem

Os seguintes equipamentos serão colocados no sistema conforme requerido.

- Disco(s) de ruptura
- Drenos nos pontos baixos
- Aquecimento com vapor de traço e/ou aquecedor de vapor indireto (não mostrado nas figuras)

Se o GSCD na fonte não estiver na pressão adequada para prover a força motora para o transporte de gás para o queimador de gases contaminados, então o sistema de tubulação de alimentação para o queimador tipicamente deverá incluir os equipamentos previamente mencionados além de um ejetor de vapor.

Sistema de Tubulação e Equipamentos Auxiliares para GNCC e GSCD

GNCC e GSCD devem ser manejados em sistemas de coleta completamente independentes devido as diferenças de temperatura e pressão entre os dois fluxos sendo tratados.

Em função do sistema de diferencial de pressão, é recomendado que o sistema GSCD e o sistema GNCC não divida qualquer equipamento auxiliar comum tal como vasos de coleta de condensados. Existe um risco de um sistema descarregar em outro.

Sistema de tubulação e ejetor de vapor ou soprador de anel líquido devem ser dimensionados de tal maneira que sejam mantidas velocidades mínimas de transporte para os gases.

Tubulação de gás deve ser feita para prevenir acúmulo de condensado e deve ser feita com o menor comprimento possível dentro do prédio da caldeira de recuperação. A tubulação não deve ser encaminhada próximo de áreas críticas tais como tanque dissolvedor e cantos da fornalha ou próximo de áreas que podem ser ocupadas por pessoas, como caminhos normais de acesso.

GNCC e GSCD devem ser seguramente isolados quando for parado o sistema de oxidação térmica, por isto válvulas no sistema devem ser escolhidas com cuidado com atenção dada para a classificação fecho rápido ("shut off") ou bloqueio.

Válvulas automáticas devem ter relê de posição para confirmar a situação da posição da válvula.

Tubulação de drenagem do eliminador de umidade deve ser isolado e ter traço de vapor para evitar formação de condensado na linha .

Condições devem ser dadas para inclinar a tubulação para drenagem ao invés de ter linhas horizontais. O projetista deverá proceder tendo em mente que haverá condensado no tubo de tempos em tempos e que este deverá ser recolhido.

Cada linha de respiro deverá ter uma válvula de fecho rápido com atuador "ar para fechar" que irá abrir automaticamente quando o fluxo de gases para queima na caldeira de recuperação for interrompido.

Cada linha de gás para a caldeira de recuperação deve ter um corta chama. Deverá existir um transmissor diferencial de pressão atrás do corta chama para alarmar diferencial alto de pressão. Provisões podem ser feitas para limpar o corta chamas usando vapor ou gás inerte.

Qualquer conexão de água ou vapor para o sistema deve ter válvulas de bloqueio duplo e de drenagem ou carretéis removíveis segundo "BLRBAC – Recommended Good Practices for Safe Firing of Black Liquor in Black Liquor Recovery Boilers".

Válvulas automáticas devem ter relês de posição para confirmar a situação de posição das válvulas. Tubulações de vapor devem ser apropriadamente projetadas e purgadas para prevenir acúmulo de condensado.

Ar não deve ser usado como meio de purga devido ao risco possível de geração de uma mistura explosiva de gás.

Se um pote de selagem (para isolamento e prevenção de retorno) é usado, este deve ser construído e controlado para que a água não possa ser carregada para dentro da caldeira de recuperação através da linha de fluxo de gás.

Todavia devem existir dois (2) sistemas de proteção independentes tais como relês com alarme e funções de intertravamento. É imperativo que o pote de selagem não transborde para dentro da linha de transporte de GNCC para a caldeira de recuperação.

O sistema de coleta de condensado deve ser projetado de modo que este não possa ser pressurizado causando retorno de condensado para a linha de transporte. Como um exemplo, um transbordo para um sistema fechado de dreno poderia causar pressurização.

Drenos no sistema são propensos para entupimento e devem ser de um tamanho para reduzir esta possibilidade, com consideração dada para linhas de dreno de pelo menos 1-1/2".

Materiais de construção para dutos de trabalho, tubulações e equipamentos em contato com GNCC e GSCD devem ser de aço inox AISI tipo 304 L ou 316 L, ou metais com equivalente ou melhor resistência a corrosão e propriedades mecânicas.

Material contendo ferro que pode se converter em FeS quando em contato com GNC não deve ser usado. Sobre certas condições na presença de ar, FeS pode oxidar e criar calor o qual pode provocar explosão ou fogo.

O projetista do sistema deve levar em conta o movimento do queimador de gases devido a expansão da fornalha, e ter certeza de que o movimento não provoque tensões inaceitáveis na tubulação.

Tubulações devem seguir os requisitos do código de tubulação de processo ASME B 31.3 para classificação de serviço "M" e qualquer outros códigos aos quais pode existir jurisdição/aplicação.

OXIDAÇÃO TÉRMICA

Queimador

O(s) queimador(es) de gases deve(m) ser mecanicamente adequados para instalação e operação em uma caldeira de recuperação.

O(s) queimador(es) de gases devem ter um sistema dedicado de ar. O ar de combustão pode ser suprido de um ventilador separado ou do ar secundário da caldeira de recuperação ou ventilador de ar terciário. Proteção do fluxo de ar de combustão adequado é requerido assim promovido por um relê de fluxo ou outro meio disponível.

GNCC e GSCD devem ser transportados para o queimador através de linhas independentes e injetados para dentro da zona de chama separadamente. Um sistema separado para alimentar combustível para o ignitor contínuo é requerido.

O queimador deve ser instalado na alta zona quente da fornalha no/ou abaixo do nível de ar terciário. Este deve ser instalado de tal modo que distúrbios na chama contínua do ignitor são evitados para não criar dificuldade com detecção de chama.

Exemplo de equipamento para monitoramento e controle numa instalação de queimador para GNCC e GSCD é mostrada na Figura 012. Instalações de queimadores múltiplos devem seguir padrões de queimadores múltiplos.

Quando o sistema de GNC é parado, a segunda válvula de bloqueio automática deve ser bloqueada na posição fechada. As conexões nas tubulações de GNCC e GSCD da válvula de bloqueio no queimador devem ser projetados e instalados para garantir facilidade de manutenção e inspeção de rotina.

Resfriamento de um bocal de GNCC/GSCD que não está em uso não pode ser realizado por injeção de ar dentro do bocal de GNCC/GSCD.

Ignitor Contínuo

Um ignitor "NFPA classe 1" (NFPA8501) é o elemento chave na oxidação térmica do GNCC e GSCD. A capacidade do ignitor deve ser grande o bastante para fornecer ignição segura e ser pelo menos 10% da máxima energia alcançada com a oxidação térmica dos gases.

O ignitor deve ser contínuo. O ignitor deve ter proteção de energia de ignição adequada usando um relê de baixa pressão no coletor de combustível do ignitor.

O ignitor pode ter um duto de ar comum com o queimador de GNCC e GSCD. Ar fornecido para o ignitor deve prover ignição estável e condições operacionais.

O sistema de óleo ou gás para o ignitor, bem como o monitoramento de chama deve, em todos aspectos, seguir o "BLRBAC - "Recommended Good Practices for Safe Firing of Auxiliary Fuels in Black Liquor Recovery Boilers".

Partida do ignitor deve ser iniciado na frente do queimador, e então, somente após inspecionar a abertura do queimador na parede da fornalha para se assegurar que não existe entupimento.

Ar de Combustão

O ventilador de ar secundário ou terciário pode ser usado. Se o ar de combustão é fornecido pelo ventilador de ar secundário, um ventilador "booster" pode ser necessário para prover pressão mínima de ar para o queimador de gases contaminados. O projeto do sistema deve ser tal que fluxo ininterrupto de ar para a caldeira de recuperação para a combustão de licor preto é a primeira prioridade.

A seguinte instrumentação para o monitoramento e controle de ar de combustão deve ser providenciada:

- Indicador de pressão local
- Meios disponíveis para prover fluxo adequado de ar
- Transmissor de pressão para indicação

- Funcionamento do ventilador "booster"- sinal da corrente do motor, chave de velocidade, etc...

SISTEMA DE SEGURANÇA

O queimador de gases contaminados deve ter um sistema de segurança de chama atendendo ao "BLRBAC - Recommended Good Practice for Safe Firing of Auxiliary Fuels". O projeto do sistema deve estar de acordo com as normas "NFPA" e recomendações de cuidados com segurança. O sistema de segurança do queimador de gases contaminados pode ser integrado com o sistema de manipulação dos queimadores de combustíveis auxiliares ou pode ser isolado.

A lógica de permissão para partida e lógica de intertravamento de proteção contem a lógica da queima segura de combustíveis auxiliares além de requisitos adicionais.

Os requisitos adicionais dependem da qualidade do GNC.

Cuidado deve ser tomado para nunca permitir o queimador de gases contaminados manter a condição de purga. Em outras palavras, o queimador de gases contaminados não pode ser considerado como um queimador de combustível auxiliar quando o sistema de controle do queimador verifica se existe um queimador auxiliar em serviço.

Lógica de Permissão de Partida – GNCC

Para partir a oxidação térmica do GNCC no queimador de gases as seguintes condições devem ser completamente preenchidas.

- Condição de purga estabelecida e mantida
- Fluxo de vapor maior que 50% de fluxo de gases na CMC (Capacidade Máxima Contínua)
- Ventilador de ar de combustão para o queimador de gases funcionando
- Fluxo de ar de combustão normal
- Velocidade do GNCC acima do mínimo
- Temperatura do GNCC acima do mínimo
- Pressão do GNCC não alta
- Pressão do GNCC não baixa
- Nível do pote de selagem não alta (se usado)
- Chave do queimador na posição de PARTIDA
- Ignitor deve estar em operação estável por 1 minuto no mínimo
- Satisfeitos os intertravamentos do ignitor

Lógica de permissão de partida para oxidação térmica de GNCC no queimador de gases é mostrada na Figura 013.

Lógica de Proteção de Desarme– GNCC

Qualquer uma das seguintes condições causará a parada do fluxo de gases para o queimador parando a oxidação térmica de GNCC.

- Desarme do sistema de combustível (perda da condição de purga)
- Fluxo de vapor abaixo de 50% do fluxo de vapor para a CMC (Cap. Max. Cont)
- Pressão alta do GNCC
- Pressão baixa do GNCC
- Ventilador de ar de combustão para queima de gases parado
- Temperatura do GNCC abaixo do mínimo
- Fluxo de GNCC (velocidade) abaixo do mínimo
- Fluxo de ar de combustão anormal
- Intertravamentos do ignitor não satisfeitos
- Chave do queimador na posição PARE
- Nível do pote de selagem alto (se usado)

Lógica de proteção por intertravamento para oxidação térmica de GNCC no queimador de gases contaminados é mostrada na Figura 014.

Lógica de Permissão de Partida –GSCD

Para iniciar a oxidação térmica do GSCD no queimador de gases contaminados as seguintes condições devem ser completamente preenchidas.

- Condição de purga estabelecida e mantida
- Fluxo de vapor maior que 50% do fluxo de vapor na CMC
- Ventilador de ar de combustão para queimador de gases funcionado
- Fluxo de ar de combustão normal
- Fluxo de GSCD (velocidade) acima do mínimo
- Temperatura do GSCD acima do mínimo
- Pressão do GSCD não alta
- Pressão do GSCD não baixa
- Nível do pote de selagem não alto (se usado)
- Chave do queimador na posição PARTIDA
- Ignitor tenha estado em operação estável por no mínimo um minuto
- Intertravamentos do ignitor satisfeitos

Lógica de permissão para partida para a oxidação térmica do GSCD no queimador de gases contaminados é mostrada na Figura 015.

Lógica de Proteção de Desarme – GSCD

Qualquer uma das seguintes condições causará a parada do queimador de gases contaminados e da oxidação térmica do GSCD.

- Intertravamento do sistema de combustível (perda da condição de purga)
- Fluxo de vapor abaixo de 50% do fluxo de vapor na CMC
- Pressão alta do GSCD

- Pressão baixa do GSCD
- Ventilador de ar de combustão para queima de gases parado
- Temperatura do GSCD abaixo do mínimo
- Fluxo de GSCD (velocidade) abaixo do mínimo
- Fluxo de ar de combustão anormal
- Intertravamentos do ignitor não satisfeitos
- Chave do queimador na posição PARE
- Nível do pote de selagem alto (se usado)

Lógica de intertravamento de proteção para a oxidação térmica do GSCD no queimador de gases contaminados é mostrado na Figura 016.

SEGURANÇA PESSOAL

Problemas operacionais , os quais tem há ver com coleta, tratamento e destruição de GNCC podem levar a acidentes e sérios danos pessoais.

GNCC contem entre outros compostos, H₂S, sulfíto orgânicos e metanol, e algumas situações também alto nível de terebentina. Em adição aos riscos de saúde, existe também o risco de explosão dos gases.

Referente a riscos com compostos perigosos presentes no GNCC e GSCD, ver o guia da "Occupational Safety and Health Association - OSHA" referente a estes compostos.

Áreas contendo tubulações de GNC e equipamentos devem ser monitoradas de acordo com os códigos de segurança aplicáveis.

Inspeções diárias e controle são necessários para verificar vazamentos de GNCC e GSCD no sistema.

Vazamentos no sistema devem ser corrigidos imediatamente.

DESCRIÇÃO DO SISTEMA E OPERAÇÃO

Esta seção é incluída para ilustrar a aplicação das recomendações do Capítulo 5. Tem o propósito de informação somente e não deve ser considerado como uma recomendação adicional.

Arranjo da tubulação e equipamentos como mostrados nos diagramas de processo (Figura 011 e 012) são os mesmos para GNCC e GSCD. Para o propósito desta discussão, o sistema de GNCC é usado.

Descrição

Vapor para o ejetor de vapor para transporte do gás tem um arranjo com válvulas de bloqueio duplo e válvula de drenagem consistindo das válvulas S1, S2 e S3. Esta conexão de vapor e outras conexões de vapor nas Figuras 011 e 012 são mostradas com válvulas de bloqueio duplo e válvula de drenagem (ou fluxo livre) porque elas são fontes potenciais de injeção de água na

fornalha. Nas válvulas de bloqueio duplo e válvula de drenagem providas de uma estanqueidade extra segura , com uma correta seqüência de abertura de válvula, condensado coletado pode ser descarregado na linha de drenagem antes do vapor ser conduzido para linha de gás.

No ponto de fluxo descendente do ejetor de vapor e fora da área da caldeira de recuperação, a linha de GNCC terá um respiro para a atmosfera controlado por uma válvula automática de bloqueio, CG2. Seguindo esta conexão do respiro existe uma válvula automática, CG1, a qual isola o ramo da linha para a caldeira de recuperação . Se requerido, pode existir um “T” a frente da CG1. O “T” irá garantir o gás a ser transportado para uma oxidação térmica alternativa através da válvula CG3.

É importante que as válvulas CG1, CG2 e CG3 sejam localizadas fora da área da caldeira de recuperação ou no caso de instalações fechadas, em uma “área de segurança designada”, tal que sejam acessíveis todo o tempo, incluindo na eventualidade de um PPE (Procedimento de Parada de Emergência). Se estiverem localizadas fora da área da caldeira de recuperação isto não exclui a possibilidade de estarem em outro prédio.

Imediatamente no ponto de fluxo descendente abaixo da válvula CG1 está uma conexão automática de vapor consistindo das válvulas S5, S6 e S7. Esta conexão purga e pré-aquece a próxima “perna” da linha do GNCC.

Imediatamente antes da válvula CG4 está localizada um respiro de diâmetro da linha, isolado pela válvula CG7. Esta linha de respiro serve a linha de GNCC da válvula CG1 para a válvula CG4. É usada para pré-aquecimento de vapor, aliviando GNCC antes da queima de GNCC, e purga após cessada a queima de GNCC. O vapor para o pré-aquecimento e purga é fornecido pelas válvulas S5, S6 e S7 previamente mencionadas.

O respiro descarrega para fora da área da caldeira. Ambos os respiros e o previamente mencionado respiro controlado pela válvula CG2 precisam estar acima do telhado e longe de entradas de ar. As saídas destes respiros precisam ser arranjados de tal modo que seja evitado o bloqueio por congelamento. (válido para RS, SC e PR, no Brasil)

Um dreno de condensado da linha de GNCC precisa ser incluída em ambos os respiros para garantir a remoção de líquido que é carregado através do alívio dos gases. A função de dreno pode ser incluída com o respiro, ou duas conexões podem ser usadas; uma para o respiro e outra para drenar a linha.

Um arranjo da linha de GNCC com válvulas de bloqueio duplo e válvula de drenagem representada pelas válvulas CG4, CG5 e CG6 fornece o isolamento final do GNCC da fornalha. O “dreno”, CG5, precisa ser projetado de tal forma que vapor pode ser aliviado da parte isolada da linha de GNCC enquanto o líquido é tirado fora da parte baixa da linha. Válvula CG5 poderia ser substituída por duas válvulas, uma para alívio e outra para drenagem. O respiro da CG5 pode ser conectado para o respiro principal na descarga da válvula CG7.

As válvulas CG4, CG5 e CG6 precisam ser localizadas tão próximo ao queimador quanto possível para minimizar o comprimento da linha de gás destas válvulas de isolamento e o queimador. Este trecho final de tubulação não deve ser purgado, pois a purga aumenta a possibilidade de entrada de água na fornalha. Introdução de água da purga pode vir da entrada de condensado no vapor de purga, e o processo de purga da linha pode dar entrada de líquido acumulado na parte baixa da linha de GNCC. Ao invés de purga, a linha de GNCC da válvula CG6 para o queimador deve ser tão curta quanto possível, e isto deve ser inclinado de tal modo que líquido irá fluir para o queimador sem ter sido acumulado. Um importante conceito é o uso de um queimador projetado para ser drenável, isto é, um queimador que não possa reter líquido.

Um corta-chamas é localizado na linha de GNCC imediatamente fluxo acima na tubulação do "T" que alimenta a válvula CG7. Este processo de localização permite o corta-chamas ser pré-aquecido, purgado e ser próximo ao queimador, para rapidamente extinguir um retorno de chama. A localização física do corta-chama precisa ser conveniente para isolamento e manutenção.

Operação

O sistema de oxidação térmica do GNCC/ GSCD é colocado em serviço a partir de um painel local por um operador em contato com a sala de controle . Interrupção da oxidação térmica em condições normais também é realizada localmente.

O sistema de transporte de GNCC é colocado em operação com a válvula CG1 fechada e a válvula de respiro CG2 aberta. Neste ponto as válvulas de bloqueio duplo e drenagem do GNCC, CG4, CG5 e CG6, estão atuadas, ou seja, as válvulas de fecho rápido fechadas e a válvula de purga (proporcionando o serviço de respiro e drenagem) aberta.

Em seguida, as válvulas de purga de vapor e pré-aquecimento, S5, S6 e S7, são abertas juntamente com a(s) válvula(s) de respiro/ dreno, CG7. Isto promove pré-aquecimento da linha de GNCC da válvula de bloqueio do trecho fora do prédio da caldeira até próximo ao queimador. A válvula do trecho CG1 permanece fechada.

Admissão de vapor pré-aquece a linha e escapa através do respiro/ dreno.

Pré-aquecimento adequado da linha será determinado através de um operador observando a indicação de temperatura na sala de operação. Somente a linha entre o CG1 e CG4 é aquecido, o vapor de pré-aquecimento é fechado, a válvula do trecho CG1 é aberta e o respiro CG2 é fechado permitindo o gás ser aliviado fora do segundo respiro, CG7. Após satisfeitos todas as permissões, o bloqueio final do gás e a válvula de drenagem são abertos, o respiro CG7 é fechado e os gases GNCC serão admitidos na fornalha para a oxidação térmica.

Para uma parada normal, as válvulas de fecho rápido de GNCC, CG4 e CG6 e a válvula do trecho CG1 são fechadas, e ambas as válvulas de respiro, CG7 e CG2, são abertas assim como a válvula de drenagem CG5. Adicionalmente,

purga de vapor é imediatamente iniciada. Após um tempo adequado para a purga completa, a purga de vapor é fechada.

A tabela III mostra as ações que compõem o desarme de um queimador, o **DSC** (Desarme do Sistema de Combustível) e o **PPE** (Procedimento de Parada de Emergência). As posições da válvula para situação de “operação normal” e “falha” são também mostradas. Se um PPE é ativado, o DSC será exercitado bem como o bloqueio de todas as fontes de vapor ou água. Um PPE não iniciará uma purga automática da linha de GNCC para o queimador.

Figura 011 – SISTEMAS DE TRANSFERÊNCIA DE GNCC E GSCD

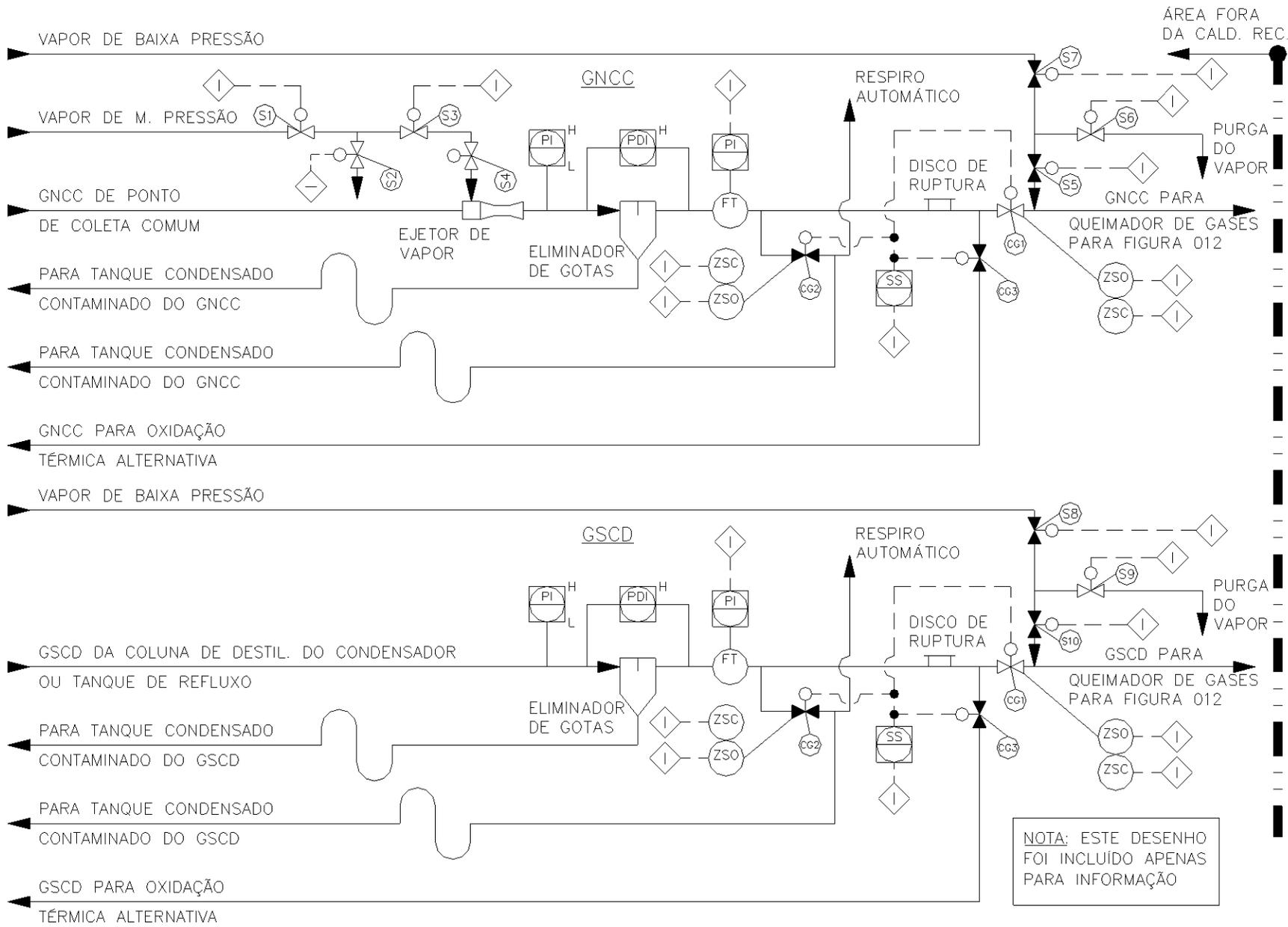


Figura 012 – SISTEMAS DE TRANSFERÊNCIA DE GNCC E GSCD
 QUEIMADORES INDIVIDUAIS PARA OXIDAÇÃO TÉRMICA EM CALD. REC.

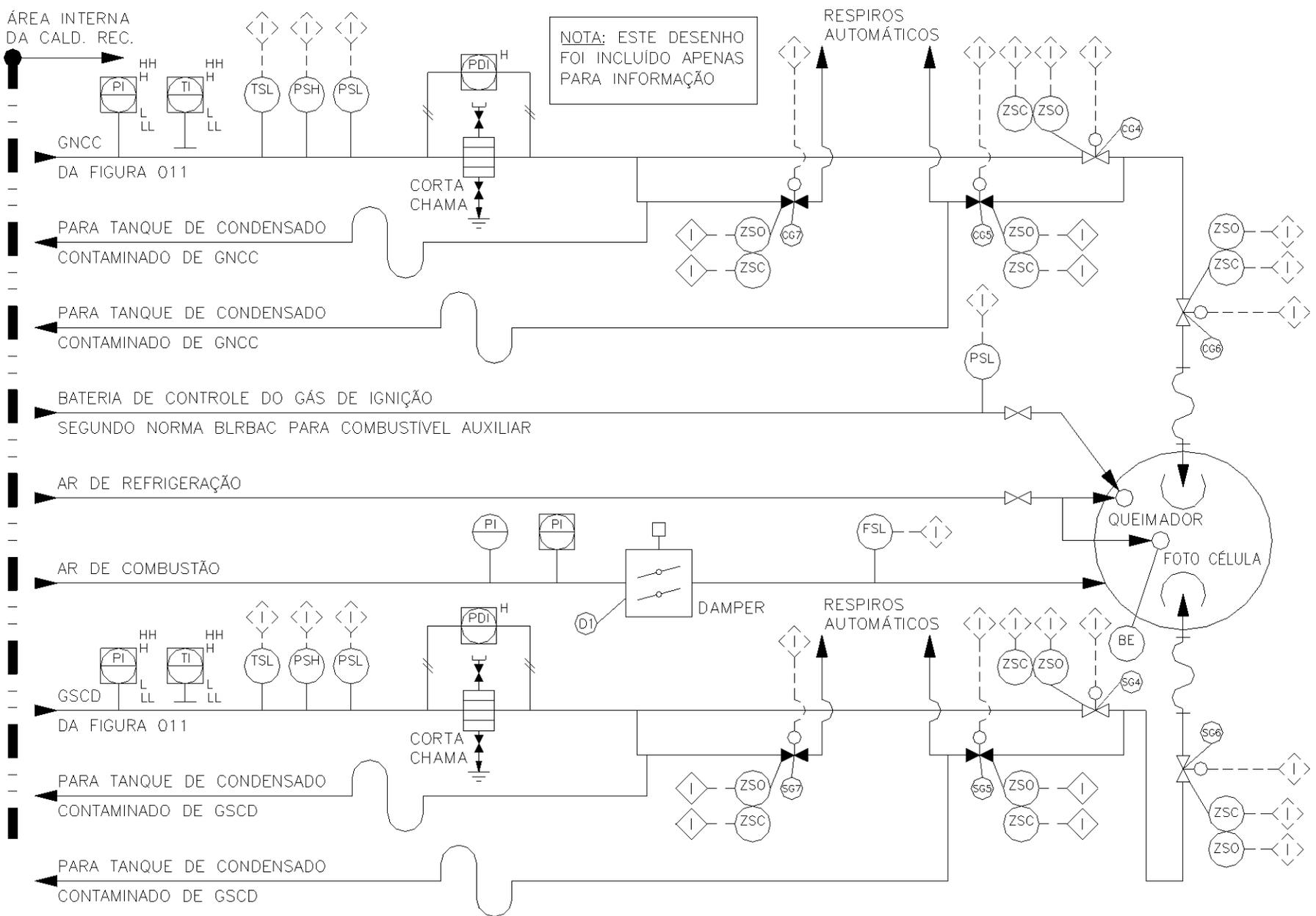


Tabela III - Modo e ações das válvulas em "DSC" e "PPE" – Figuras 011 e 012

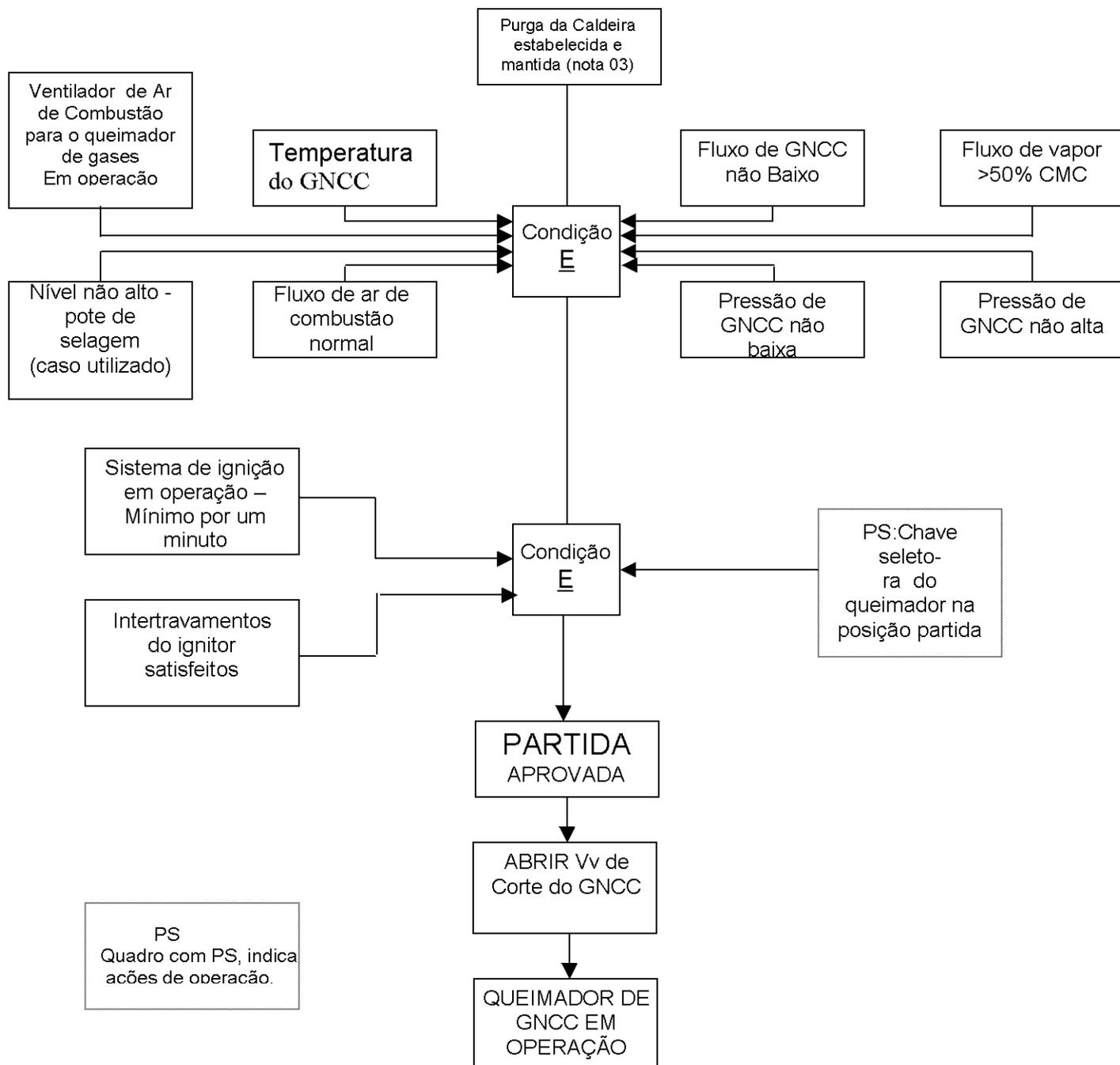
"DSC"= Desarme do Sistema de Combustível

"PPE"= Procedimento de Parada de Emergência

| Válvula | DESCRIÇÃO | DSC | PPE | Modo Operacional | Modo de Falha |
|---------|----------------------------------|----------------|---------|------------------|----------------|
| S1 | Vv. Bloqueio Vapor MP | NA | NA | ABERTA | ABERTA |
| S2 | Vv. Drenagem Vapor MP | NA | NA | FECHADA | FECHADA |
| S3 | Vv. Bloqueio Vapor MP | NA | NA | ABERTA | ABERTA |
| S4 | Vv. Controle Ejetor de Vapor | NA | NA | MOD | ÚLTIMA POSIÇÃO |
| S5 | Vv. Bloqueio Purga de Vapor | ABERTA | ABERTA | FECHADA | FECHADA |
| S6 | Vv. Drenagem Purga Vapor | FECHADA | FECHADA | ABERTA | ABERTA |
| S7 | Vv. Bloqueio Purga de Vapor | ABERTA | ABERTA | FECHADA | FECHADA |
| S8 | Vv. Bloqueio Purga de Vapor | ABERTA | ABERTA | FECHADA | FECHADA |
| S9 | Vv. Drenagem Purga Vapor | FECHADA | FECHADA | ABERTA | ABERTA |
| S10 | Vv. Bloqueio Purga de Vapor | ABERTA | ABERTA | FECHADA | FECHADA |
| CG1 | Vv. de Corte de GNCC | FECHADA | FECHADA | ABERTA | FECHADA |
| CG2 | Vv. Principal de Respiro de GNCC | ABERTA | ABERTA | FECHADA | ABERTA |
| CG3 | Sistema Alternativo de Corte | ND | ND | FECHADA | ND/FECHADA |
| CG4 | Vv. de Corte do Queimador | FECHADA | FECHADA | ABERTA | FECHADA |
| CG5 | Vv. Respiro do Queimador | ABERTA | ABERTA | FECHADA | ABERTA |
| CG6 | Vv. de Corte do Queimador | FECHADA | FECHADA | ABERTA | FECHADA |
| CG7 | Vv. Respiro de GNCC | ABERTA | ABERTA | FECHADA | ABERTA |
| SG1 | Vv. de Corte do GSCD | FECHADA | FECHADA | ABERTA | FECHADA |
| SG2 | Vv. Principal de Respiro de GSCD | ABERTA | ABERTA | FECHADA | ABERTA |
| SG3 | Sistema Alternativo de Corte | ND | ND | FECHADA | ND/FECHADA |
| SG4 | Vv. de Corte do Queimador | FECHADA | FECHADA | ABERTA | FECHADA |
| SG5 | Vv. Respiro do Queimador | ABERTA | ABERTA | FECHADA | ABERTA |
| SG6 | Vv. de Corte do Queimador | FECHADA | FECHADA | ABERTA | FECHADA |
| SG7 | Vv. de Respiro de GSCD | ABERTA | ABERTA | FECHADA | ABERTA |
| D1 | Damper de Controle de Ar | ÚLTIMA POSIÇÃO | FECHADA | MOD | ÚLTIMA POSIÇÃO |
| Ignitor | Sistema de Gás para Ignição | FECHADA | FECHADA | ABERTA | FECHADA |

Vermelho – Estas operações são ativadas por um temporizado, de maneira a permitir a purga de GNCC e de GSCD.

Figura 013 - Sistema de Queimador de Gases – Lógica de Permissão de Partida -GNCC



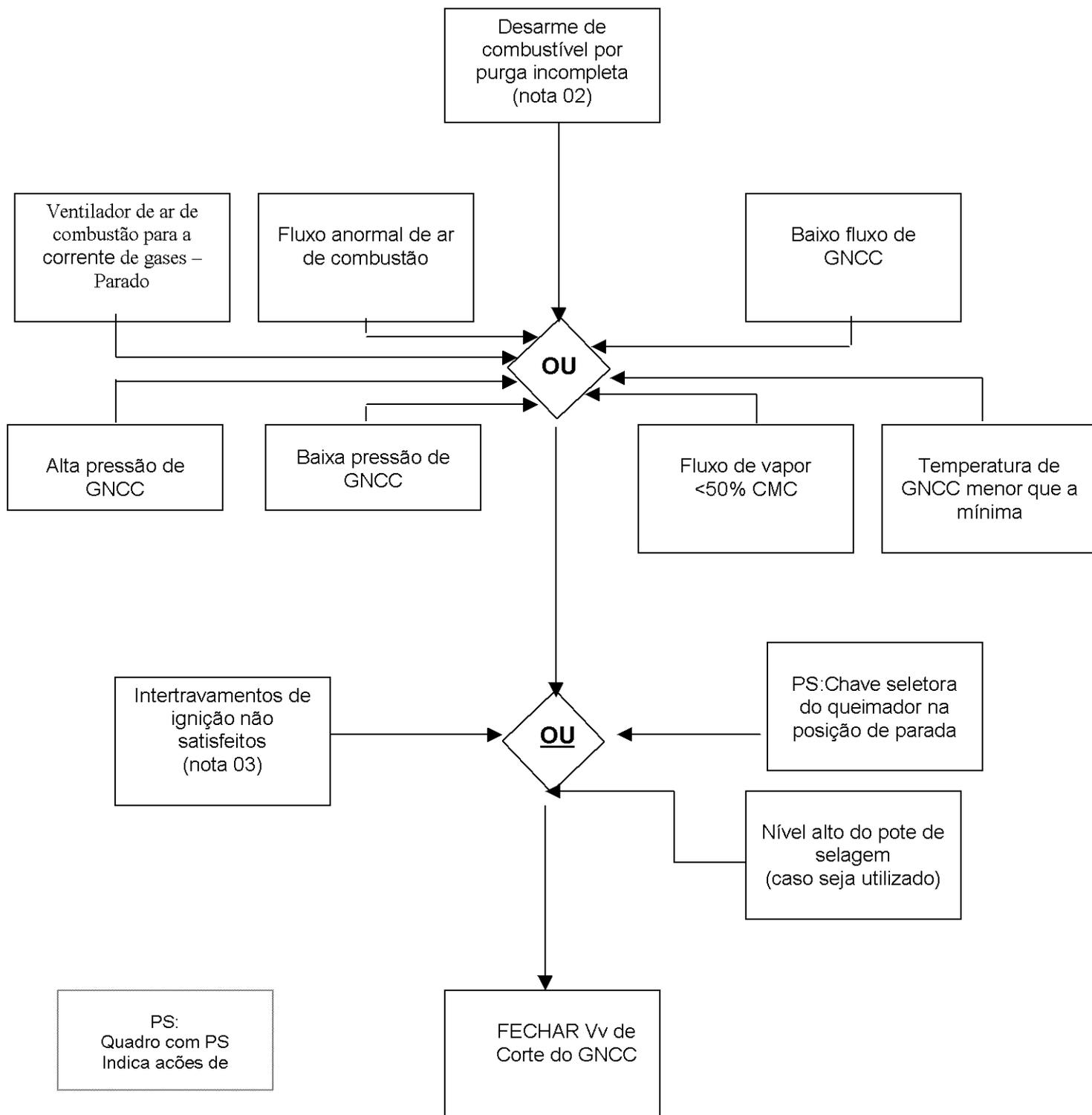
NOTAS:

- 01. A lógica é aplicada para cada corrente de gás que entre no queimador
- 02. A representação da injeção de múltiplas correntes no queimador deve ser parte da lógica de PARTIDA.
- 03. Crédito de Purga – Refere-se à figura 1A do BLRBAC de "Práticas Recomendadas para a Queima Segura de Combustíveis Auxiliares".
- 04. Intertravamentos de ignição – Refere-se às figuras 2A e 4A do BLRBAC de "Práticas Recomendadas para a Queima Segura de Combustíveis Auxiliares".

Carta de Explicação Lógica da Figura 013 – Lógica de Permissão de Partida – Queimador de GNCC

| BLOCO | PROPÓSITO | RISCO A SER EVITADO |
|---|--|--|
| Purga da caldeira mantida (da figura 1A permissão comum para lógica de início no procedimento de queima segura de combustível auxiliar) | Garantir permissão para queima | Prevenir a introdução de GNC's enquanto a caldeira não está em queima |
| Fluxo de vapor > 50% CMC. | Garantir uma combustão estável na fornalha | Explosão ou oxidação imprópria dos gases. Uma maior vazão de vapor pode ser requerida, baseada nas necessidades do GNC |
| Ventilador de ar de combustão da corrente de queima de resíduo | Garantir correto fornecimento de ar de combustão para queima | Potencial de explosão devido fluxo de ar incorreto ou reduzido |
| Temperatura do GNCC e do GSCD acima do mínimo | Garantir as propriedades corretas dos gases | Introdução de líquidos |
| Pressão não alta do GNCC e do GSCD | Garantir as propriedades corretas dos gases e sua injeção na velocidade apropriada | |
| Pressão não baixa do GNCC e do GSCD | Garantir as propriedades corretas dos gases e sua emissão na velocidade apropriada | |
| Nível não alto no pote de selagem | Prevenir retorno de líquido | Possibilidade de explosão devido a introdução de umidade na caldeira |
| Fluxo de ar de combustão normal | Garantir fluxo de ar através do queimador | Potencial de explosão devido a fluxo de ar incorreto ou reduzido |
| Tubulação de GNCC e GSCD corretamente conectada ao queimador | Prevenir a admissão de GNC na área da caldeira | Riscos à saúde e de incêndio |
| Pressão normal de ar de combustão | Garantir as propriedades corretas do ar de combustão | Potencial de explosão devido a fornecimento de ar de combustão incorreto ou reduzido |
| Sistema de ignição em operação - Mínimo de um minuto | Garantir estabilidade no sistema de ignição | Possibilidade de explosão devido ao seqüenciamento de introdução de gás de queima de GNCC e GSCD |
| Chave seletora de queima em posição de iniciar | Permitir o início após intertravamentos satisfeitos | Pelo operador |
| Intertravamentos de ignição satisfeitos | Intertravamentos do procedimento de combustível auxiliar 2A e 4A | Explosão por ignição imprópria ou retardada |
| Aprovação de partida | Todos os intertravamentos dos queimadores/ignição satisfeitos | |
| Energizar válvula de segurança de Corte do GSCD/GNCC | Admitir gases na fornalha | |
| Queimadores de GNCC e GSCD em operação | Verificar a oxidação | Função operacional |

Figura 014 - Lógica de Proteção de Desarme – Queimador de GNCC



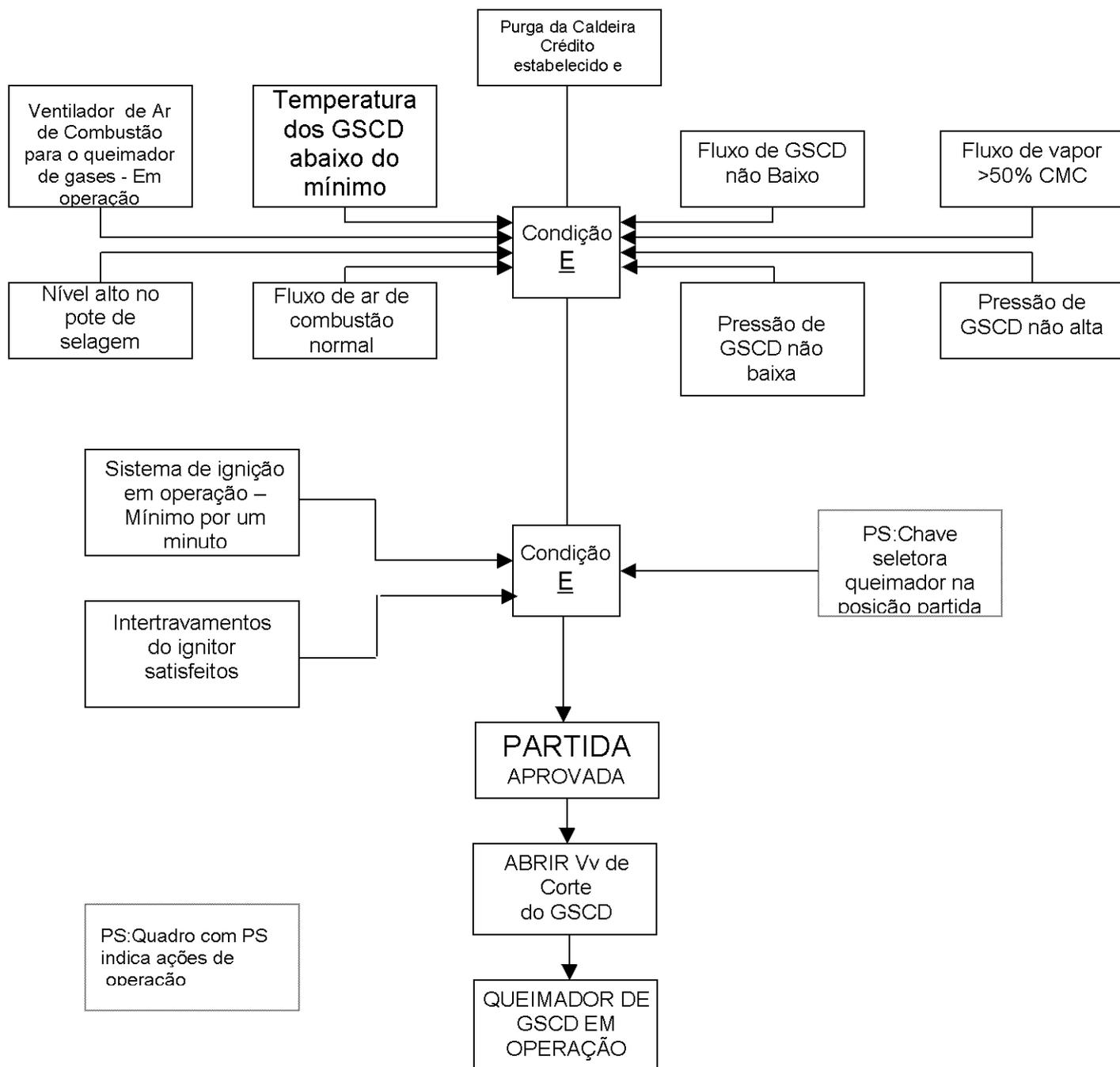
NOTAS:

01. A lógica é aplicada para cada corrente de gás que entre no queimador
02. Perda do Crédito de Purga/Trip master de combustível – Refere-se à figura 1B das recomendações do BLRBAC de boas práticas para a queima segura de combustíveis auxiliares.
03. Intertravamentos de ignição – Refere-se às figuras 2B e 4B das recomendações do BLRBAC de boas práticas para a queima segura de combustíveis auxiliares.

Carta de Explicação Lógica da Figura 014 – Lógica de Proteção de Desarme – Queimador de GNCC

| BLOCO | PROPÓSITO | RISCO A SER EVITADO |
|--|---|--|
| <p>purga da caldeira incompleta Trip de combustível (da figura 1A Permissão comum para lógica de início no procedimento de queima segura de combustível auxiliar)</p> | <p>Parar a introdução de GNC quando não encontradas as permissões de queima na caldeira</p> | <p>Prevenir a introdução de GNC's enquanto a caldeira não está em queima</p> |
| <p>Fluxo de vapor < 50% CMC.</p> | <p>Parar a queima de GNC quando a taxa de queima encontrar-se abaixo do mínimo</p> | <p>Explosão ou oxidação imprópria dos gases.</p> |
| <p>Vazão de ar de combustão anormal</p> | <p>Parar a queima de GNC na ocorrência de distúrbios na vazão de ar para o queimador</p> | <p>Potencial de explosão devido fluxo de ar incorreto ou reduzido</p> |
| <p>Ventilador de ar de combustão para a corrente de gases para o queimador não operando</p> | <p>Parar a queima de GNC na inexistência de ar de combustão para o queimador</p> | <p>Potencial de explosão devido fluxo de ar incorreto ou reduzido</p> |
| <p>Temperatura baixa do GNCC e do GSCD</p> | <p>Garantir as propriedades corretas dos gases</p> | <p>Introdução de líquidos</p> |
| <p>Pressão alta ou baixa do GNCC e do GSCD</p> | <p>Garantir as propriedades corretas do ar de combustão</p> | <p>Retorno de chama na tubulação ou queima pobre além do ignitor</p> |
| <p>Pressão do ar de combustão anormal</p> | <p>Garantir as propriedades corretas dos gases e sua emissão na velocidade apropriada</p> | <p>Potencial de explosão devido fluxo de ar de combustão incorreto ou reduzido</p> |
| <p>Intertravamentos do ignitor não satisfeitos</p> | <p>Intertravamentos do procedimento de combustível auxiliar 2A e 4A não atuados</p> | <p>Explosão por ignição imprópria ou retardada</p> |
| <p>Tubulação de GNCC e GSCD não conectada ao queimador (Sistema de gás conectada ao queimador)</p> | <p>Prevenir a admissão de GNC no prédio da caldeira</p> | <p>Riscos à saúde e de incêndio</p> |
| <p>Nível alto do pote de selagem</p> | <p>Prevenir retorno de líquido</p> | <p>Possibilidade de explosão devido a introdução de umidade na caldeira</p> |
| <p>Chave seletora de queima em posição de parada</p> | <p>Prevenir a queima do queimador</p> | <p>Ação do operador</p> |
| <p>Fechar a válvula de Corte do GNCC e GSCD</p> | <p>Parar a queima de GNCC e GSCD</p> | |

Figura 015 – Lógica de Permissão de Partida – Queimador de GSCD



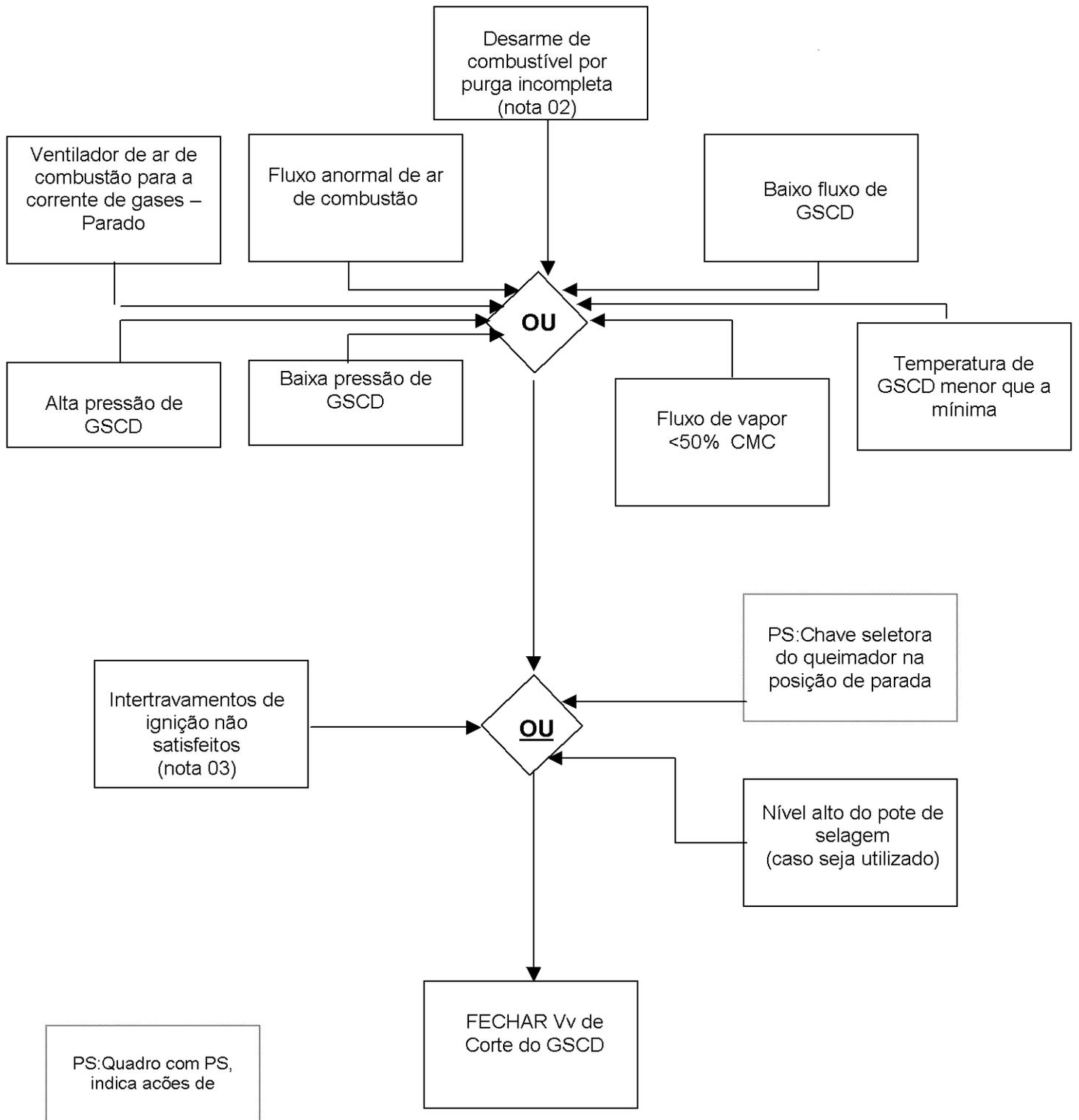
NOTAS:

01. A lógica é aplicada para cada corrente de gás que entre no queimador
02. A representação da injeção de múltiplas correntes no queimador deve ser parte da lógica de início.
03. Crédito de Purga – Refere-se à figura 1A das recomendações do BLRBAC de Práticas Recomendadas para a Queima Segura de Combustíveis Auxiliares.
04. Intertravamentos de ignição – Refere-se às figuras 2A e 4A das recomendações do BLRBAC de Práticas para a Queima Segura de Combustíveis Auxiliares.

Carta de Explicação Lógica da Figura 015 – Lógica de Permissão de Partida -
Queimador de GSCD

| BLOCO | PROPÓSITO | RISCO A SER EVITADO |
|---|---|--|
| Purga da caldeira mantido (da figura 1A Permissão comum para lógica de início no procedimento de queima segura de combustível auxiliar) | Garantir permissão para queima | Prevenir a introdução do GSCD enquanto a caldeira não está em queima |
| Fluxo de vapor > 50% CMC | Garantir combustão estável na fornalha | Explosão ou oxidação imprópria dos gases. Uma maior vazão de vapor pode ser requerida baseado nas necessidades do GSCD |
| Ventilador de ar de combustão e do queimador de gases – em operação | Garantir correto fornecimento de ar de combustão para queima | Potencial de explosão devido fluxo de ar incorreto ou reduzido |
| Temperatura do GSCD acima do mínimo | Garantir as propriedades corretas dos gases | Introdução de líquidos |
| Pressão não alta do GSCD | Garantir as propriedades corretas dos gases e sua injeção na velocidade apropriada | |
| Pressão não baixa do GSCD | Garantir as propriedades corretas dos gases e sua emissão na velocidade apropriada | |
| Nível não alto no pote de selagem | Prevenir retorno de líquido | Possibilidade de explosão devido a introdução de umidade na caldeira |
| Fluxo de GSCD não baixo | Garantir velocidade adequada do GSCD na linha | Prevenir o retorno de chama na linha de GSCD |
| Fluxo normal de ar de combustão | Garantir fluxo de ar através do queimador | Potencial de explosão devido fluxo de ar incorreto ou reduzido |
| Sistema de ignição em operação - Mínimo de um minuto | Garantir estabilidade no sistema de ignição | Possibilidade de explosão devido ao período de introdução de gás de queima de GSCD |
| Chave seletora de queima em posição de iniciar | Permitir ao operador o início da queima <u>após</u> todos outros intertravamentos satisfeitos | Pelo operador |
| Intertravamentos de ignição satisfeitos | Intertravamentos dos procedimentos de combustível auxiliar 2A e 4A | Explosão por ignição imprópria ou retardada |
| Aprovação de partida | Todos os intertravamentos dos queimadores/ignitor satisfeitos | |
| Energizar válvula de Segurança de Corte do GSCD | Admitir gases na fornalha | |
| Queimadores de GSCD em operação | Verificar a oxidação | Função operacional |

Figura 016 – Lógica de Proteção de Desarme - Queimador de GSCD



NOTAS:

01. A lógica é aplicada para cada corrente de gás que entre no queimador
02. Perda do Crédito de Purga/Desarme do Sistema de Combustível – Refere-se à figura 1B das recomendações do BLRBAC de Práticas Recomendadas para a Queima Segura de Combustíveis Auxiliares.
03. Intertravamentos de ignição – Refere-se às figuras 2B e 4B das recomendações do BLRBAC de Práticas Recomendadas para a Queima Segura de Combustíveis Auxiliares.

Carta de Explicação Lógica da Figura 016 – Lógica de Proteção de Desarme - Queimador de GSCD

| BLOCO | PROPÓSITO | RISCO A SER EVITADO |
|---|---|--|
| Purga da caldeira incompleta Trip de combustível (da figura 1B Permissão comum para lógica de início no procedimento de queima segura de combustível auxiliar) | Parar a introdução de GSCD quando não encontradas as permissões de queima na caldeira | Prevenir a introdução de GSCD enquanto a caldeira não está em queima |
| Fluxo de vapor < 50% CMC | Parar a queima de GSCD quando a taxa de queima encontrar-se abaixo do mínimo | Explosão ou oxidação imprópria dos gases. |
| Vazão de ar de combustão não normal | Parar a queima de GSCD na ocorrência de distúrbios na vazão de ar para o queimador | Potencial de explosão devido fluxo de ar incorreto ou reduzido |
| Parada do ventilador de ar de combustão para a corrente de gases para queima | Parar a queima de GSCD na inexistência de ar para o queimador | Potencial de explosão devido fluxo de ar incorreto ou reduzido |
| Pressão de GSCD baixa ou alta | Garantir as propriedades corretas dos gases e sua injeção na velocidade apropriada | Retorno de chama na tubulação ou queima pobre além do ignitor |
| Temperatura do GSCD baixa | Garantir as propriedades corretas dos gases | Introdução de líquidos |
| Baixa vazão de GSCD | Garantir velocidade adequada de GSCD na linha | Prevenir retorno de chama através da linha de GSCD |
| Intertravamentos de ignitor não satisfeitos | Intertravamentos do procedimento de combustível auxiliar 2A e 4A não atuados | Explosão por ignição imprópria ou retardada |
| Nível alto do pote de selagem | Prevenir retorno de líquido | Possibilidade de explosão devido a introdução de umidade na caldeira |
| Chave seletora de queima em posição de parada | Prevenir a queima do queimador | Ação do operador |
| Fechar Válvula de Corte do GSCD | Parar a queima de GSCD | |