

8º CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM PETRÓLEO E GÁS



TÍTULO DO TRABALHO:

Estudo de Caso: Classificação de Áreas Perigosas para Pós em Unidade de Remoção de Sulfato

AUTORES:

Ana Karolina Muniz Figueredo - Bolsista
Julia Di Domenico – Doutoranda TPQB - UFRJ
Igor Ribeiro de Souza – Mestrando TPQB - UFRJ

INSTITUIÇÃO:

Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ

Este Trabalho foi preparado para apresentação no 8º Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Petróleo e Gás - 8º PDPETRO, realizado pela Associação Brasileira de P&D em Petróleo e Gás - ABPG, no período de 20 a 22 de outubro de 2015, em Curitiba/PR. Esse Trabalho foi selecionado pelo Comitê Científico do evento para apresentação, seguindo as informações contidas no documento submetido pelo(s) autor(es). O conteúdo do Trabalho, como apresentado, não foi revisado pela ABPG. Os organizadores não irão traduzir ou corrigir os textos recebidos. O material conforme, apresentado, não necessariamente reflete as opiniões da Associação Brasileira de P&D em Petróleo e Gás. O(s) autor(es) tem conhecimento e aprovação de que este Trabalho seja publicado nos Anais do 8º PDPETRO.

ESTUDO DE CASO: CLASSIFICAÇÃO DE ÁREAS PERIGOSAS PARA PÓS EM UNIDADE DE REMOÇÃO DE SULFATO

Abstract

Many substances both in liquid or gaseous state are potentially flammable and are able to generate highly explosive atmospheres. From this scenario, many rules were created and stringent precautions are taken in their storage, manipulation and use. However, one of the great villains, apparently considered innocent, which can generate very serious explosions is the dust. This paper presents a case study with a methodology proposed to elaborate the classified area focusing in the explosive dust coming from a new technology of sulphate removal unit in the petroleum industry.

Keywords: explosive dust, classified area, sulphate removal unit.

Introdução

Um estudo da CSB em 2006 identificou 281 incêndios de poeira combustível e explosões entre 1980 e 2005 que matou 119 trabalhadores e feriu 718, além de danificar instalações industriais. Uma das primeiras explosões de pós que se tem registro ocorreu em um moinho de trigo em dezembro de 1785 na Itália, causando a destruição total do mesmo, segundo a Academia de Ciências de Turim (CALÇA, 1999). Após esse evento, uma série de outros acidentes ocorreu em que a causa principal foi a inflamação de poeiras explosivas.

Pode-se destacar o acidente ocorrido na Imperial Sugar, refinaria de Açúcar nos Estados Unidos em 2008, que gerou 38 feridos e 14 mortes, incluindo 14 com queimaduras graves (CSB, 2014). Esse acidente ocasionou a destruição de grande parte da planta. As principais causas do acidente da Imperial Sugar foram problemas de vazamentos de pós de açúcar e baixa frequência de limpeza do mesmo. A investigação indicou ainda que a empresa tinha registrado eventos anteriores como uma explosão em 1998 na fábrica da Imperial em Sugar Land no Texas, uma explosão na usina de açúcar Domino, em Baltimore em novembro de 2007, e duas explosões de pós de açúcar na década de 1960, que matou um total de dez trabalhadores.

As explosões de pós podem representar risco em diversos processos industriais tais como: agrícola, agro-alimentar, química, petroquímica, farmacêutica, plástico, mineração, etc, desde que materiais combustíveis na forma de poeiras explosivas sejam utilizados (CALÇA, 1999). No Brasil, desde os anos 50, vem evoluindo na regulamentação para tratar atmosferas explosivas de forma a tornar mais seguro o gerenciamento de áreas de risco de explosão. A classificação de áreas de risco apenas se tornou obrigatória a partir da década de 90.

Uma grande quantidade de pós tem a capacidade de se inflamar e produzir uma explosão, nessa categoria incluem-se a maioria dos pós orgânicos tais como: plásticos, fertilizantes, produtos farmacêuticos, combustíveis, produtos químicos e gêneros alimentícios (grãos, sementes, açúcar, chocolate em pó, café instantâneo, mostarda em pó, etc) (CALÇA, 1999). Também pode ser encontrado na indústria de petróleo em unidades de remoção de sulfato, presentes em algumas refinarias, já que apresenta uma etapa de separação de pós. De acordo com a NFPA 654 (2013), qualquer material sólido combustível finamente dividido, com diâmetro de partícula menor ou igual a 500 µm, pode produzir uma explosão de pó desde que esteja em uma concentração adequada e haja a presença de fatores desencadeantes.

A explosão de pó é causada devido a um aumento rápido de pressão resultante da oxidação repentina de uma substância. Ou seja, é uma combustão muito rápida de uma nuvem ou suspensão de pó no ar, durante o qual o calor é gerado a uma taxa muito mais alta do que é dissipado nas vizinhanças. A menos que o equipamento seja altamente resistente e consiga sustentar a pressão gerada pela explosão, ele se romperá. As áreas perigosas relacionadas a poeiras geradoras de atmosferas explosivas devem ser classificadas, em função da frequência e da duração da presença de atmosferas explosivas. (CALÇA, 1999)

Unidade de remoção de enxofre

As unidades de remoção de enxofre são responsáveis pela remoção de grande quantidade de SOx, NOx e poluentes particulados presentes na corrente de gás de refinarias. Uma das tecnologias de unidades de remoção de enxofre é a SNOXTM que consiste em uma nova tecnologia que consegue remover 92% de NOx, 96% de SOx e transformar o SOx em H₂SO₄ de alta pureza. Essa tecnologia foi desenvolvida pela Hardor Topsøe e já se encontra em operação na refinaria de Gela na Itália.

O processo consiste primeiramente na retirada do condensado da corrente gasosa contendo particulado através do vaso de Knock Out ¹(V-003), a corrente segue para aquecimento no forno (F-003) e passa através do precipitador eletrostático (PP-001) para remoção de particulados. A remoção de pó é uma importante etapa do processo. Eles devem ser removidos a um nível muito baixo a fim de que o gás fique livre de pó a fim de deixar o processo mais seguro. Essas correntes são pré-aquecidas através dos fornos e trocadores F-002, P-002, F-001 e P-001 respectivamente e seguem direto para a etapa de redução do NOx onde a amônia reage com os óxidos de nitrogênio (NOx) no R-001 reduzindo-o a nitrogênio e água.

Em seguida ocorre a oxidação de SO₂ a SO₃ no reator R-002 utilizando catalisadores de ácido sulfúrico e posterior reação do SO₃ com água, formado H₂SO₄. A Figura 2 apresenta o fluxograma de engenharia simplificado contendo os equipamentos do processo mencionados acima.

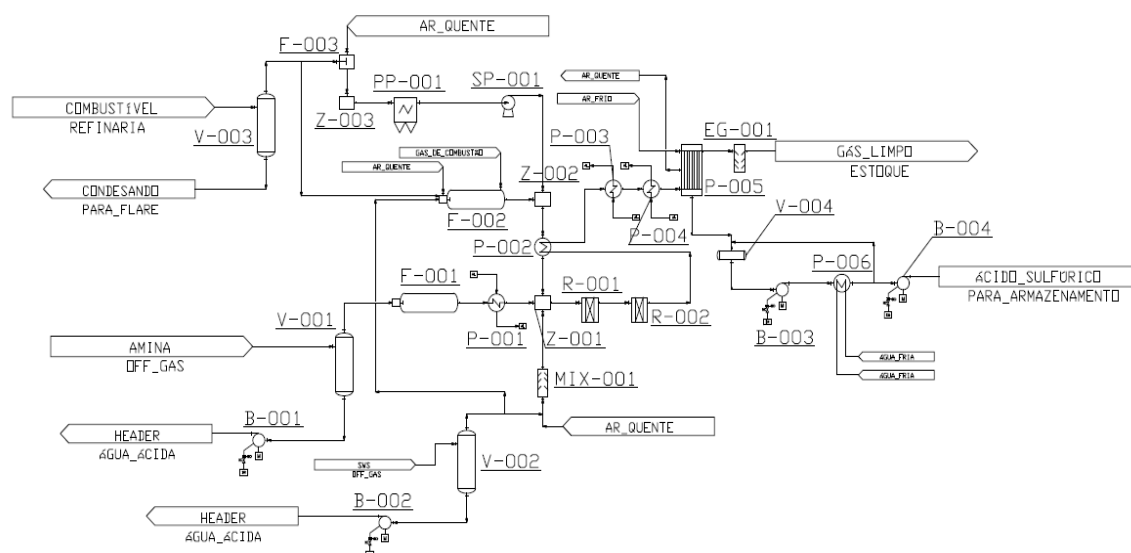


Figura 1. Fluxograma de engenharia simplificado da SNOXTM

Fonte: Adaptado de HARDOR TOSØE A/S, 2014.

Metodologia

A metodologia proposta visa orientar o desenvolvimento da etapa de classificação de áreas

¹ Vaso responsável pela separação líquido-gás.

perigosas quando há presença de poeiras combustíveis em processos industriais e consequente processo de eliminação dessa poeira através de um estudo de caso que utiliza como base a tecnologia de uma unidade de remoção de enxofre: a SNOX™.

As normas NFPA 654 e ABNT NBR IEC 61241-10 foram utilizadas para guiar a classificação de áreas perigosas com foco nas poeiras combustíveis. Para sua realização faz-se uma seleção de todos os equipamentos do processo contidos no processo e a pesquisa dos fluidos que passam por cada um deles. Então, levando-se em consideração o tipo de fluido, temperatura, pressão, tipo de equipamento, inflamabilidade, incandescência, dentre outros aspectos é possível classificar a área por zonas.

A definição de zonas para a classificação de poeiras é apresentada na norma ABNT NBR IEC 61241-10. A região onde uma atmosfera de pó combustível na forma de nuvem está presente continuamente por longos períodos ou frequentemente por curtos períodos é classificada como zona 20. Já a região onde uma atmosfera explosiva de pó combustível na forma de nuvem pode vir a ocorrer ocasionalmente em condições normais de operação é classificada como zona 21. Quando se trata de uma região onde não seja provável ocorrer uma atmosfera explosiva de pó combustível na forma de nuvem em condições normais de operação (porém, se vier a ocorrer, será somente por um curto período) a classificação será zona 22.

A Tabela 2 apresenta as principais informações que devem ser preenchidas para a classificação de áreas perigosas para poeiras combustíveis.

Tabela 1. Exemplo de tabela de classificação de área para poeiras combustíveis

Equipamento	Tipo e Serviço	Material		Fonte de Risco		Zona / Distância horizontal (m)	Classe de Temperatura e Grupo	Observação
		Inflamável / Explosível das substâncias mais perigosas	Temperatura (°C) / Pressão (kPa)	Descrição	Grau			
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)

Fonte: Adaptado de ABNT IEC 60079-1

Legenda:

(1) Equipamento a ser analisado. (2) Nome do equipamento e atividade na qual o equipamento está inserido. (3) Material inflamável ou explosível presente no equipamento. (4) Temperatura e Pressão de operação do equipamento. (5) Ponto ou o componente do equipamento ou linha que está sendo considerado como fonte de risco. (6) Grau de vazamento ou liberação (C – Contínuo; P – Primário; S – Secundário). (7) Tipo de Zona (0; 1; 2; 20; 21; 22) de acordo com a norma e a extensão da mesma. (8) Classe de temperatura e grupo do fluido mais restritivo presente no equipamento de acordo com a norma. (9) Campo reservado para notas e observações pertinentes a classificação.

É importante salientar que o método proposto pode ser utilizado não apenas para unidade de remoção de enxofre, mas também para todo e qualquer processo que envolva a presença de poeiras combustíveis.

Estudo de caso

O estudo de caso foi construído a partir da elaboração de um arranjo da unidade de remoção de enxofre contendo os equipamentos apresentados no fluxograma de engenharia baseado na planta da SNOX™ presente na refinaria de Gela na Itália. Esse arranjo foi elaborado seguindo o princípio , proposto por J. L. Zundi, no qual a alocação do espaço e o posicionamento dos equipamentos deve ser tal que todos os custos de operação sejam minimizados (KUMAR, 1999).

A unidade de remoção de enxofre foi dividida em 5 áreas principais e a partir disso o arranjo foi desenvolvido como pode ser visto na Figura 3.

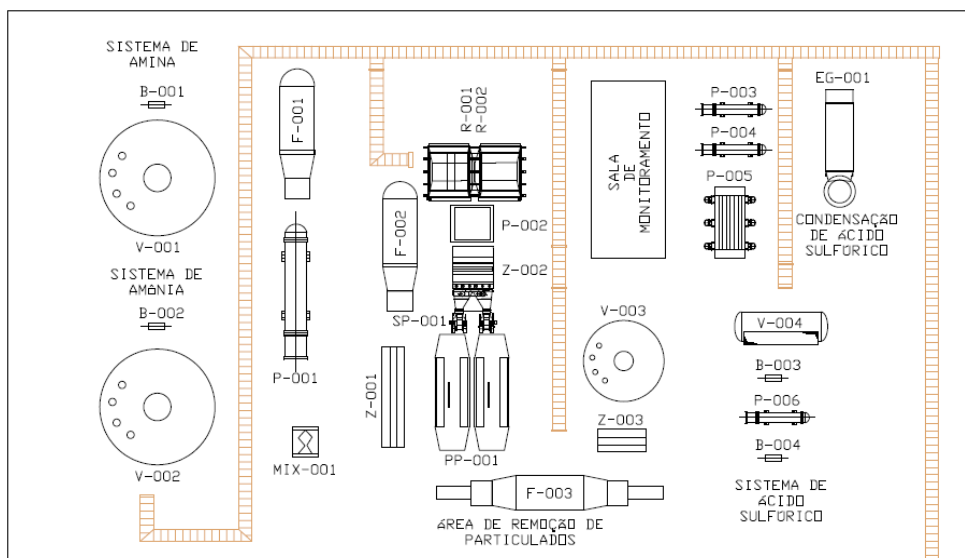


Figura 2: Arranjo da unidade de remoção de enxofre SNOXTM

Através dos dados disponíveis pela tecnologia SNOXTM desenvolvida pela Hardor TopsØe juntamente com o fluxograma simplificado do processo apresentado pela Figura 2 e o arranjo proposto na Figura 3 foi elaborada uma tabela de classificação de áreas perigosas para os equipamentos presentes na unidade analisada, como pode ser visto na Tabela 3. Na classificação de áreas perigosas para poeiras combustíveis foram utilizadas as normas NFPA 654 e ABNT NBR IEC 61241-1 e a classificação dos gases e vapores foi utilizada a norma NFPA 497.

Tabela 3: Tabela de classificação de áreas perigosas da unidade de remoção de enxofre SNOXTM

Equipamentos Principais	Tipo e Serviço	Material		Temperatura (°C) / Pressão (kPa)	Fonte de Risco		Zona / Distância horizontal (m)	Classe de Temperatura e Grupo	Observação
		Inflamável / Explosível das substâncias mais perigosas			Descrição	Grau			
B-001	Bomba de condensado gás de amina	H2S		40 / 980	Flanges e Conexões	Secundário	Zona 2 / 3,05	T3, IIB	Nota 1
V-001	Vaso de knock out de gás de amina	H2S		40 / 70	Flanges e Conexões	Secundário	Zona 2 / 4,57	T3, IIB	Nota 1
F-001	Combustor	C+, CO, H2, H2S, NH3		1400 / -	-	-	-	-	Não Aplicável
P-001	Caldeira de recuperação de calor	-		Casco: 245 / 3550 Tubo: 1379 /	-	-	-	-	Não Classifica Área
Z-001	Ponto de Mistura	-		400 / 13	-	-	-	-	Não Classifica Área
MIX-001	Misturador estático de gás ácido/ar quente	H2S, NH3		240 / 15	Flanges e Conexões	Secundário	Zona 2 / 4,57	T3, IIB	Nota 1
V-002	Vaso de knock out de gás ácido	H2S, NH3, nC6		135 / 70	Flanges e Conexões	Secundário	Zona 2 / 4,57	T3, IIB	Nota 1
B-002	Bomba de gás ácido	H2S, NH3, nC6		120 / 970	Flanges e Conexões	Secundário	Zona 2 / 3,05	T3, IIB	Nota 1
R-001	Reator SCR	-		405 / 10	-	-	-	-	Não Classifica Área
R-002	Conversor de SO2	-		430 / 9,3	-	-	-	-	Não Classifica Área
P-002	Trocador de calor gás/gás	-		Casco: 430 / 8 Tubo: 390 / 13	-	-	-	-	Não Classifica Área
Z-002	Ponto de Mistura	-		500 / 15	-	-	-	-	Não Classifica Área
F-002	Combustor	C6, CO, H2, H2S, NH3		1500 / -	-	-	-	-	Não Aplicável
SP-001	Soprador de gás de combustão	-		205 / 13	-	-	-	-	Não Classifica Área
Z-003	Ponto de Mistura	-		230 / 0,5	-	-	-	-	Não Classifica Área
F-003	Forno de Partida	Gás de Refinaria, H2, C+, CO, NH3		265 / -	-	-	-	-	Não Classifica Área

8º CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM PETRÓLEO E GÁS

V-003	Vaso de knock out de gás combustível	NH3, C+, H2, n-C+	40 / 340	Flanges e Conexões	Secundário	Zona 2 / 4,57	T1, IIC	Nota 1
P-003	Superaquecedor de vapor	-	Casco: 330 / 6 Tubo: 280 / 3550	-	-	-	-	Não Classifica Área
P-004	Resfriador de gás de processo	-	Casco: 315 / 5 Tubo: 250 / 3550	-	-	-	-	Não Classifica Área
P-005	Condensador de catalisador	-	Casco: 215 / 9 Tubo: 260 / 4	-	-	-	-	Não Classifica Área
V-004	Vaso de Ácido	-	70 / ATM	-	-	-	-	Não Classifica Área
B-003	Bomba de ácido	-	70 / 101	-	-	-	-	Não Classifica Área
P-006	Resfriador de ácido	-	Casco: 70 / 180 Tubo: 43 / 440	-	-	-	-	Não Classifica Área
B-004	Bomba de recirculação de ácido	-	40 / 101	-	-	-	-	Não Classifica Área
PP-001	Precipitadores Eletrostáticos	Poeira	210 / ATM	Dentro do equipamento	-	Zona 21 / -	-	Nota 2

Nota 1: Zona 2 para zoneamento de gases e vapores. É um local onde a atmosfera explosiva está presente somente em condições anormais de operação e persiste somente por curtos períodos de tempo, sendo geradas normalmente por fontes de risco de grau secundário.

Nota 2: Os valores típicos adotados para as distâncias referentes à extensão de área classificada, devido a presença de pó combustível, de 1 m para Zona 21 (a partir na Zona 20) e 1 m para Zona 22 (a partir da Zona 21), estão associadas às condições de estabilidade atmosférica e ventilação natural.

Resultados

Classificação de áreas perigosas

Na unidade estudada foram identificados 7 equipamentos que classificaram área. Dentre eles, os precipitadores eletrostáticos (PP-001) foram os únicos que classificaram área em relação à poeira combustível. Esses equipamentos tem o intuito de reduzir o teor de particulados dos gases de combustão, adequando o grau de pureza do ácido sulfúrico produzido, além de garantir um longo tempo de campanha dos catalizadores de NOx e SOx. Durante esse processo, eles geram uma quantidade significativa de poeira considerada explosiva. Por essa razão a classificação do equipamento foi definida como zona 21 já que se trata de uma atmosfera explosiva de pó combustível na forma de nuvem pode vir a ocorrer ocasionalmente em condições normais de operação. A classificação foi então apresentada na forma de desenho de classificação de áreas perigosas, no qual foram mostradas as áreas perigosas e seus alcances no arranjo da unidade.

Para a elaboração do desenho de classificação de áreas perigosas, deve-se selecionar todos os equipamentos classificados e traçar a nuvem a partir da fonte de risco do equipamento (como flanges e conexões), respeitando a distância definida em norma para cada tipo de equipamento. Caso nuvens de diferentes classificações de mais de um equipamento se fiquem sobrepostas, a classificação mais restritiva fica valendo para a área em questão. Se as nuvens de equipamentos diferentes se sobrepõem e possuírem a mesma classificação, apenas mesclam-se as nuvens.

O principal objetivo da elaboração do desenho de classificação de áreas perigosas é ajudar na especificação de equipamentos elétricos a serem instalados nesses locais. Por isso é necessário delimitar as diversas áreas classificadas existentes na unidade. A Figura 4 exibe o desenho de classificação de áreas perigosas gerado.

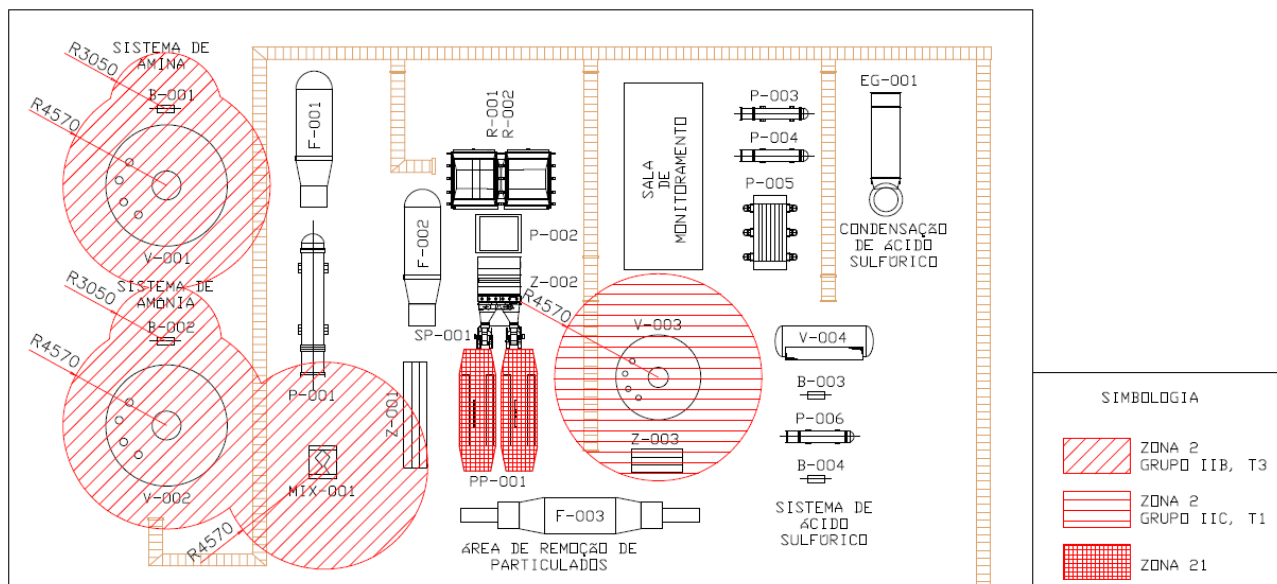


Figura 3: Classificação de área da unidade de remoção de enxofre SNOX™

Como pode ser observado, existem 3 classificações diferentes na unidade:

- Zona 2, IIB, T3 ao redor dos equipamentos B-001, B-002, V-001, V-002 e MIX-001
- Zona 2, IIC, T1 ao redor do equipamento V-003
- Zona 21 dentro dos precipitadores PP-001

É importante destacar que todos os equipamentos, eletrodutos, eletrocalhas, dentre outros, que forem instalados em local classificado devem estar aptos a trabalharem naquela área. No presente estudo de caso, por exemplo, o equipamento Z-003 não classifica área, porém ele se encontra dentro de uma zona classificada proveniente do equipamento V-003. Então esse deve ser adequado para atuar na zona 2, com resistência T3, IIC.

Medidas de segurança complementares

A norma NR-10 (Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidades) define vários parâmetros para a implementação de medidas de controle e de sistemas preventivos para garantir a segurança e a saúde dos trabalhadores que direta ou indiretamente interajam em instalações elétricas e em serviços com eletricidade.

Para atender às exigências da NR-10, primeiramente todas estas áreas classificadas devem ser “sinalizadas” em campo. As vestimentas de trabalho devem ser adequadas às atividades. Recomenda-se a utilização de roupas anti-estáticas. O memorial descritivo do projeto deve conter, no mínimo, recomendações de restrições e advertências quanto ao acesso de pessoas aos componentes das instalações. Os equipamentos que atuam em zonas classificadas devem ser certificados conforme Portaria INMETRO 176/00. É importante manter os trabalhadores informados sobre os riscos a que estão expostos instruindo-os e antes de iniciar os trabalhos em áreas classificadas, realizar uma avaliação prévia, estudar e planejar as atividades e ações para atender os princípios técnicos básicos e as melhores técnicas de segurança.

Recomenda-se ainda que os trabalhos em áreas classificadas devam ser precedidos de treinamento específico, de acordo com o risco envolvido.

Por fim, é válido frisar que os trabalhadores devem interromper suas tarefas exercendo o direito de recusa quando constatarem a evidência de riscos graves e iminentes, como por exemplo,

pela utilização de equipamentos inadequados em ambientes.

Conclusões

A partir de uma análise sucinta de classificação de áreas perigosas e de um processo eficiente de remoção de poeiras combustíveis aplicados a unidades de remoção de enxofre SNOXTM foi possível se chegar a um processo intrinsecamente mais seguro, já que o perigo do pó foi reduzido em sua fonte. Além disso, diminui a necessidade de dispositivos de segurança em outras unidades da planta de produção, tornando o processo mais barato.

Vale ressaltar que a exposição da área classificada em forma de desenho é extremamente simples de se interpretar, facilitando o trabalho de funcionários em áreas com essa característica.

Agradecimentos

À ANP e FINEP, pelo apoio financeiro e incentivo a trabalhos de pesquisa por meio do Programa de Recursos Humanos em Sistemas Elétricos Industriais - PRH-13.

Referências Bibliográficas

ABNT IEC 60079-1. Atmosferas explosivas - Parte 1: Proteção de equipamentos por invólucros à prova de explosão "d". 2011.

ABNT NBR IEC 61241-10. Equipamentos Elétricos para uso na Presença de Poeiras Combustíveis - Parte 10: Classificação de Áreas onde Poeiras Combustíveis estão ou Podem Estar Presentes. 2008.

BS EN 14034-2. Determination of explosion characteristics of dust clouds Determination of the maximum rate of explosion pressure rise (dp/dt)_{max} of dust clouds. 2006.

CALÇA, J. R. R. Apostila do Curso de Explosões de Pós. São Paulo, 1999.

CSB – Página do U.S.Chemical Safety Board. Acessado em 07/04/2014. Disponível em: <http://www.csb.gov/imperial-sugar-company-dust-explosion-and-fire/>

HARDOR TOSØE A/S. The Topsøe SNOXTM Technology FOR Cleaning of Flue Gas from Combustion of Petroleum Coke and High Sulphur Petroleum Residues, 2006. Acessado em 07/04/2014. Disponível em: http://www.topsoe.com/business_areas/air_pollution_control/processes/so2_and_nox_removal/process.aspx.

KUMAR, A. Plant Location and Layout, Lesson 7, University of Delhi, India, 1999.

MCMILLAN, A. Electrical Installations in Hazardous Area. England, 1998.

NFPA 497, Recommended Practice for the Classification of Flammable Liquids, Gases, or Vapors and Of Hazardous (Classified) Locations for Electrical Installations in Chemical Process Areas

NFPA 654, Standard for the Prevention of Fire and Dust Explosions from the Manufacturing, Processing, and Handling of Combustible Particulate Solids. 2013.

NR-10, Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade.