

DIEGO BARROS MIGUEL E GUILHERME VITALE RIBEIRO

**SOLUÇÕES PADRÃO PARA
SISTEMAS DE DETECÇÃO INCÊNDIO
E CFTV EM ATMOSFERAS
POTENCIAMENTE EXPLOSIVAS**

São Carlos
2012

DIEGO BARROS MIGUEL E GUILHERME VITALE RIBEIRO

**SOLUÇÕES PADRÃO PARA
SISTEMAS DE DETECÇÃO INCÊNDIO
E CFTV EM ATMOSFERAS
POTENCIAMENTE EXPLOSIVAS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
à Escola de Engenharia de São Carlos, da
Universidade de São Paulo

Curso de Engenharia Elétrica com ênfase em
Sistemas de Energia e Automação

ORIENTADOR: José Carlos Felizatti

São Carlos
2012

AUTORIZO A REPRODUÇÃO E DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

M636s

Miguel, Diego Barros

Soluções padrão para sistemas de detecção incêndio e CFTV em atmosferas potencialmente explosivas / Diego Barros Miguel, Guilherme Vitale Ribeiro; orientador José Carlos Felizatti. - São Carlos, 2012.

Monografia (Graduação em Engenharia Elétrica com ênfase em Sistemas de Energia e Automação) -- Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, 2012.

1. Certificação. 2. Atmosferas potencialmente explosivas. 3. Proteção de equipamentos. 4. Instalações elétrica Ex. I. Título. II. Ribeiro, Guilherme Vitale.

FOLHA DE APROVAÇÃO

Nome: Diego Barros Miguel

Título: “Soluções Padrões para Sistemas de Incêndio e CFTV em Áreas Classificadas”

*Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado
em 21/11/2012,*

com NOTA 8,0 (oito, zero), pela Comissão Julgadora:

Prof. Dr. José Carlos Felizatti (Orientador)
SEL/EESC/USP

Prof. Dr. Roberto Clarete Pessotta
SEL/EESC/USP

Prof. Assistente Carlos Goldenberg
SEL/EESC/USP

Coordenador da CoC-Engenharia Elétrica - EESC/USP:
Prof. Associado Homero Schiabel

FOLHA DE APROVAÇÃO

Nome: Guilherme Vitale Ribeiro

Título: "Soluções Padrões para Sistemas de Incêndio e CFTV em Áreas Classificadas"

*Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado
em 21 / 11 / 2012,*

com NOTA 8,0 (oito, zero), pela Comissão Julgadora:

Prof. Dr. José Carlos Felizatti (Orientador)
SEL/EESC/USP

Prof. Dr. Roberto Clarete Pessotta
SEL/EESC/USP

Prof. Assistente Carlos Goldenberg
SEL/EESC/USP

Coordenador da CoC-Engenharia Elétrica - EESC/USP:
Prof. Associado Homero Schiabel

Agradecimentos

Gostaríamos de agradecer primeiramente a nossos pais por todo o suporte dado desde a nossa infância até hoje para que pudéssemos cursar uma faculdade de qualidade e nos tornarmos engenheiros.

Ao prof. José Carlos Felizatti por aceitar nos ajudar na realização do trabalho de conclusão de curso.

Um agradecimento especial aos engenheiros da Siemens José Neves Mascarenhas e José Henrique Nascimento e demais engenheiros pelo auxílio técnico dado dentro da empresa durante o período em que realizávamos o presente trabalho.

Obrigado aos nossos amigos da faculdade por compartilhar os momentos difíceis e alegrias durante o período da faculdade.

Sumário

1. Introdução.....	1
2. Histórico	3
3. Classificação de Áreas	5
3.1. Tecnologia Americana.....	5
3.1.1. Classe I.....	6
3.1.1.1. Classe de temperatura	6
3.1.1.2. Grau de Risco.....	8
3.1.2. Classe II	9
3.1.3. Classe III.....	11
3.2. Conceito Conforme Norma Brasileira (NBR) e Internacional (IEC)	12
3.2.1. Grupo II	13
3.2.1.1. Conceito de zonas para áreas com gases e vapores (NBR IEC 60079-10)	14
3.2.1.2. Classe de Temperatura de Ignição dos gases	15
4. Equipamentos e seus Tipos de Proteção	18
4.1. Prova de Explosão Ex-d	18
4.2. Equipamentos Ex “i”	22
4.3. Outros Tipos de Proteção	25
4.3.1. Segurança Aumentada Ex-e.....	25
4.3.2. Equipamentos Pressurizados Ex-p	26
4.3.3. Equipamento Elétrico Não Acendível Ex-n.....	27
4.3.4. Equipamento Elétrico Imerso em Óleo Ex-o.....	27
4.3.5. Equipamento Imerso em Areia Ex-q	27
4.3.6. Equipamento Elétrico Encapsulado em Resina Ex-m.....	28
4.3.7. Equipamentos de Proteção Especial Ex-s	29
5. Normas	30
5.1. Principais Normas	30
5.2. ABNT NBR IEC 60079-0 – Atmosferas Explosivas Parte 0: Equipamentos – Requisitos Gerais.....	32
5.3. ABNT NBR IEC 60079-10-1 – Atmosferas Explosivas Parte 10-1: Classificação de áreas – Atmosferas Explosivas de Gás	33

5.4. ABNT NBR IEC 60079-14 – Atmosferas Explosivas Parte 14: Projeto, seleção e montagem de instalações elétricas.	34
5.5. Comparação entre as normas americanas e internacionais	36
5.5.1. Classificação de Ambientes:.....	37
5.5.2. Temperatura	39
5.5.3. Equipamentos.....	40
5.5.4. Métodos de instalação:	41
6. Certificação	43
7. Projeto e montagem de instalações elétricas em atmosferas explosivas.....	49
7.1. Requisitos Gerais	49
7.2. Requisitos adicionais para instalações de equipamentos Ex d	50
7.3. Requisitos adicionais para instalações de equipamentos Ex i	54
8. Soluções Desenvolvidas.....	59
8.1. Sistema de Detecção e Alarme de Incêndio em Áreas Classificadas	59
8.1.1. Equipamentos Utilizados	59
8.1.2. Soluções Obtidas	71
8.1.3. Análise de Soluções SDAI	78
8.2. Sistema de CFTV em Áreas Classificadas.....	81
8.2.1. Equipamentos utilizados na solução	84
8.2.2. Solução Obtida.....	98
8.2.2.1. Arquitetura Padrão	98
8.2.2.2. Solução Câmera PTZ Analógica – Invólucro SBTEX1AS.....	102
8.2.2.3. Solução para câmera PTZ Analógica - Invólucro SBTEX2AS.....	105
8.2.2.4. Solução para câmera PTZ Analógico - Invólucro SBTEX2AC	108
8.2.2.5. Solução para câmera PTZ IP- Invólucro SBTEX2ES	111
9. Conclusão	116
10. Referências Bibliográficas	117

Resumo

Esta monografia apresenta um estudo das normas e tecnologias atuais relacionadas a equipamentos elétricos para atmosferas potencialmente explosivas, sendo abordados assuntos como classificação de áreas, tipos de proteção de equipamento e indo desde a seleção até a correta instalação desses equipamentos. Tendo sido verificada uma necessidade relacionada a esse assunto dentro da empresa Siemens, este trabalho elabora, por fim, soluções padrão para serem utilizadas em sistemas de detecção e alarme de incêndio e circuitos fechados de televisão (CFTV).

Palavras-chave: Certificação. Atmosferas potencialmente explosivas. Proteção de equipamentos. Instalações elétricas Ex

Abstract

This monograph presents a study of the current technologies and standards related to electrical equipment for potentially explosive atmospheres, addressing issues such as areas classification, types of protection and selection and installation of these types of equipment. Since it has been noticed a necessity related to this issue at Siemens, this work elaborates a standard solution to be used in alarm and fire detection systems and closed TV circuits.

Keywords: Certification. Potentially Explosive Atmospheres. Equipment Protection. Ex Electrical Installation.

1. Introdução

Com o desenvolvimento científico, de uma forma geral, foram se criando cada vez mais novos processos industriais. Tais processos, muitas vezes, criaram nas indústrias ou em laboratórios, ambientes em que a atmosfera contém materiais potencialmente explosivos. Essas áreas requerem, na maioria dos casos, o uso frequente de equipamentos elétricos que, somados a tais atmosferas, constituem uma das principais fontes de ignição para explosões, uma vez que podem produzir centelhas ou arcos, seja em seu funcionamento normal ou devido a falhas específicas.

Tendo em vista esse contexto, surge a necessidades de medidas de proteção aplicadas em projetos de instalações elétricas ou de instrumentação em atmosferas explosivas que visam reduzir, a um nível aceitável, a possibilidade de um equipamento elétrico se tornar uma fonte de ignição. Essas medidas, no Brasil, são compiladas na forma de normas da ABNT, e são a base para todo estudo que envolve atmosferas potencialmente explosivas.

A ideia desse trabalho surgiu da necessidade verificada no local de trabalho da Siemens Building Technologies, empresa em que os alunos autores desse projeto fazem estágio. Esse setor da Siemens cria soluções de tecnologias prediais, fazendo projetos de circuitos fechados de televisão (CFTV), controle de acesso e sistemas de detecção e alarme de incêndio (SDAI). Como toda grande empresa, a Siemens está sempre preocupada em seguir fielmente as normas em seus projetos, diminuindo riscos e preservando o negócio de seus clientes. Quando se trata de ambientes explosivos, porém, notou-se que se exigia muito tempo de seus engenheiros para que se criasse uma solução eficiente e ao mesmo tempo de acordo com as normas existentes.

A proposta desta monografia, portanto, é estudar as normas e certificações (processo, produto, serviço e pessoas) em vigor relacionadas a classificação de áreas e instalações elétricas em atmosferas explosivas, além de pesquisar e analisar os diversos equipamentos à prova de explosão existentes no mercado de detecção e alarme de incêndio e CFTV. Com isso, pretende-se criar soluções padrão para esses dois sistemas.

Na primeira parte deste trabalho, será feita uma revisão de vários assuntos que envolvem equipamentos elétricos em atmosferas explosivas, explicando como são classificadas essas áreas, quais os tipos de proteção dos equipamentos, como funciona o

processo de certificação, quais as principais normas em vigor e qual a correta maneira de instalação, montagem e seleção desses tipos de equipamentos.

Na segunda parte será mostrada a solução criada baseada nos estudos realizados na primeira parte da monografia, sendo feita, por fim, uma análise de cada uma, ressaltando suas vantagens e pontos relevantes.

2. Histórico

A primeira solução aplicada para a utilização de equipamentos elétricos em atmosferas explosivas foi o desenvolvimento de invólucros à prova de explosão. Tal solução surgiu da necessidade de uma das principais atividades existentes no passado, a mineração subterrânea, principalmente de carvão. Foi nessa época, também, que se começou a utilizar a eletricidade para fins industriais. (JORDÃO,2010)

A tarefa era complicada: projetar um equipamento com invólucro capaz de suportar as condições adversas de um ambiente com presença de gás inflamável, gás de mina (grisu), de pó combustível (carvão) e, além disso, com robustez suficiente para suportar impacto, uma vez que esse equipamento era instalado em um espaço limitado e com forte movimentação de carga. (JORDÃO,2010)

A concepção do equipamento foi baseada no princípio de que o invólucro teria de ser suficientemente robusto e resistente para suportar uma pressão de explosão interna. Além disso, todas as suas eventuais folgas deveriam ser dimensionadas para garantir que em caso de uma explosão interna, os gases dessa combustão não fossem capazes de se propagar para o meio externo (área classificada). (JORDÃO,2010)

A solução encontrada na época foi a utilização de um invólucro metálico, de paredes espessas, e muito pesado. Essa solução, além de ser utilizada na mineração, foi muito praticada na indústria de processos petroquímicos, principalmente nos Estados Unidos, e se constituiu no principal tipo de invólucro reconhecido pela tecnologia americana(JORDÃO,2010)

No surgimento da indústria de processos petroquímicos no Brasil, há mais de quarenta anos atrás, a maioria dos projetos eram importados dos Estados Unidos e, consequentemente, vinham acompanhados da tecnologia americana de invólucros à prova de explosão.

Dessa forma, como o Brasil não tinha as suas próprias normas sobre esse assunto, utilizava-se normalização técnica americana (NEC – NATIONAL ELECTRICAL CODE e API – AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE). As nossas instalações em áreas classificadas, portanto, foram fortemente marcadas com as características americanas (invólucro metálico, de paredes espessas, e muito pesado). Esse fato perdurou até recentemente na maioria das indústrias de petróleo e petroquímicas. (RIBEIRO,2012)

O desenvolvimento da tecnologia ocorreu de forma diferente na Europa. Foi dado ênfase em soluções que resultassem em equipamentos mais leves, parecidos com os equipamentos industriais comuns. Destacando-se o conceito de “segurança aumentada”. (JORDÃO,2010)

Hoje há uma tendência mundial de utilização das normas internacionais, uma vez que o principal documento americano sobre instalações elétricas, o NEC, em sua revisão de 1996, introduziu um novo artigo, de numero 505 , que admite que as instalações elétricas em atmosferas explosivas nos EUA seja feita utilizando os conceitos previstos pela normalização internacional IEC. Pode-se dizer que hoje existe a tendência dessas duas filosofias se fundirem em apenas uma linha, prevista pela normalização internacional(europeia). (JORDÃO,2001)

No Brasil ainda não encontramos uma utilização muito frequente dos equipamentos “segurança aumentada” (modelo europeu), apesar de já serem comercializados aqui e existirem iniciativas para a fabricação em nosso território. Isso ocorre principalmente devido a desinformação dos responsáveis pelos projetos de instalações elétricas em áreas classificadas. Predominando assim, os equipamentos a “prova de explosão”, com estrutura metálica e corpo-tampa flangeado (modelo americano). (JORDÃO,2010)

Esse fato faz com que as instalações elétricas e eletrônicas em áreas classificadas no Brasil, possuam um peso acima do desejável. Para modificar esse fato, é necessário um trabalho de disseminação das novas tecnologias, de modo que as nossas instalações sejam submetidas a uma modificação para se tornarem mais leves, funcionais, elegantes, práticas e com menos chances de ocorrência de efeitos colaterais. (JORDÃO,2010)

3. Classificação de Áreas

Classifica-se uma área por meio da elaboração de um mapa, o qual representa a avaliação do grau de risco de ocorrer mistura inflamável. De acordo com Jordão (2002), para realizar a classificação de áreas é necessário se atentar para as seguintes informações:

1. Tipo de substância que pode estar presente no local, suas propriedades físicas e químicas quando submetidas a um processo de combustão.
2. A probabilidade desta substância estar no meio externo
3. Quais os limites da área com risco de presença de mistura explosiva

Para a execução correta da instalação elétrica utiliza-se como base a classificação de áreas, uma vez que é necessário ter uma área devidamente classificada para decidir o tipo de equipamento a ser instalado. Desse modo, em um local onde a concentração de gás é maior deve-se instalar equipamentos com maior grau de proteção. Já em locais onde a concentração é menor, instalam-se equipamentos com menor grau de proteção.

Conforme mencionado no tópico anterior, há duas filosofias para a classificação de áreas: Americana e Internacional. Observa-se hoje uma forte tendência na utilização da norma internacional. No entanto, visto a transição do momento atual, serão abordadas abaixo as duas filosofias.

3.1. Tecnologia Americana

Segundo a norma americana *National Electrical Code* (NEC), os ambientes que podem conter produtos inflamáveis são definidos em três classes (Classe 1, Classe 2 e Classe 3), as quais consideram que os produtos inflamáveis estão na forma de gás ou vapor, poeira e fibra.

Para facilitar a compreensão de usuários (eletricistas e instrumentistas), as classes 1 e 2 se subdividem em grupos. Substâncias com propriedades similares correspondem ao mesmo grupo, como por exemplo: velocidade de propagação da chama, elevação de temperatura e elevação de pressão (JORDÃO, 2002).

3.1.1. Classe I

A classe 1 corresponde aos gases e vapores inflamáveis. A subdivisão em grupos ocorre de acordo com a similaridade de substâncias durante uma explosão. A graduação de risco é indicada pelos grupos A, B, C e D. Nesse sentido, se ocorrer uma explosão com uma substância do Grupo A, o seu efeito de destruição será maior que o de Grupo B e assim por diante (JORDÃO, 2002).

Por esta razão, um equipamento elétrico construído para suportar pressão de explosão para um determinado grupo não pode ser aplicado num grupo antecedente, mas pode ser aplicado em um grupo seguinte (RIBEIRO, 2012).

Encontram-se incluídas nesta classe, principalmente, as indústrias de petróleo, as petroquímicas e químicas.

Segue abaixo exemplos de algumas substâncias mais comuns, relacionadas ao seu respectivo grupo:

- Grupo A: Acetileno
- Grupo B: Hidrogênio, Butadieno, Óxido de Etileno, Acroleína
- Grupo C: Eteno, Ciclopropano, Eter Etílico, Sulfeto de Hidrogênio, ou gases e vapores com risco equivalente.
- Grupo D: Propano, Metano, Acetona, Álcool, Amônia, Benzeno, Benzol, Butano, Gasolina, Hexano, Nafta, Gás Natural, ou gases e vapores de risco equivalente.

Cabe observar que os conceitos utilizados de classe e grupo referem-se somente ao tipo de substância que pode estar presente na atmosfera. Esta informação é necessária para um trabalho de classificação, porém não é suficiente. Logo, é preciso complementar esses dados com indicações de Classe de Temperatura e Grau de Risco (probabilidade alta ou baixa de existir o gás).

3.1.1.1. Classe de temperatura

Em uma área onde existe uma mistura de gás combustível com ar, pode-se provocar uma ignição através do contato desta mistura com a superfície aquecida de um equipamento.

Em virtude disso, todo equipamento elétrico utilizado em atmosferas explosivas deve ser classificado de acordo com a sua máxima temperatura de superfície e compatibilizado

com as temperaturas de ignição dos gases presentes no local da instalação. Logo, é necessário assegurar que a temperatura do equipamento nas condições mais severas de operação não exceda à temperatura de ignição dos gases envolvidos.

Por meio de testes realizados por laboratórios de órgãos certificadores de produtos, define-se a temperatura máxima de superfície do equipamento. Desse modo, o valor de temperatura é atrelado a um código de identificação, conforme demonstra a tabela abaixo:

Tabela 1 - Classes de temperatura norma americana (Jordão 2002)

Temperatura Máxima de Superfície		Código de identificação
°C	°F	
450	842	T1
300	572	T2
280	536	T2A
260	500	T2B
230	446	T2C
215	419	T2D
200	392	T3
180	356	T3A
165	329	T3B
160	320	T3C
135	275	T4
120	248	T4A
100	212	T5
85	185	T6

Estas classes representam a máxima temperatura que o equipamento pode atingir, considerando-se uma temperatura ambiente máxima de 40°C. Caso o equipamento necessite operar em ambientes com temperatura superior a 40°C, uma marcação adicional deve ser colocada no equipamento.

Observação: Equipamentos que em condições normais de operação não são produtores de calor, tais como as caixas contendo terminais de ligação, eletrodutos e outros acessórios, não necessitam ser marcados em relação à temperatura de operação.

3.1.1.2. Grau de Risco

O grau de risco indica uma informação qualitativa definida em dois graus: alta ou baixa probabilidade de existir mistura inflamável.

Jordão (2002) distingue duas situações distintas em uma planta industrial. Na primeira, o autor coloca que em produtos inflamáveis contidos em recipientes fechados, cuja liberação para o meio externo somente se daria em caso de falha ou operação anormal desses equipamentos de processo, a probabilidade de que exista produto inflamável externamente a esses equipamentos é baixa. Na segunda situação, o autor aponta que em produtos inflamáveis em contato direto com a atmosfera em condições normais de operações do equipamento de processo, como acontece com os separadores de água e óleo, a probabilidade de existir mistura explosiva externamente ao equipamento é alta.

Segundo a normatização americana, estes locais recebem as seguintes denominações:

Tabela 2 - conceito de divisão para Classe I

Locais com baixa probabilidade de presença de mistura inflamável.	Divisão 2
Locais com alta probabilidade de presença de mistura inflamável.	Divisão 1

Conforme aponta Jordão (2002), quando se fala em áreas de Classe 1 Divisão 1, os gases ou vapores inflamáveis podem existir:

- Continuamente, intermitente, ou periodicamente em condições normais de operação do equipamento de processo.
- Frequentemente, devido a vazamentos provocados por reparos de manutenção frequentes.
- “Quando o defeito em um equipamento de processo ou operação incorreta do mesmo provoca, simultaneamente, o aparecimento de mistura explosiva e uma fonte de ignição de origem elétrica” (JORDÃO, 2002, p. 33).

Observação:

Segundo o NEC 1999, a experiência vem demonstrando ser prudente evitar a instalação de instrumentos ou equipamentos elétricos nas áreas de Classe 1 Divisão 1, a menos que seja inevitável a utilização (caso não seja viável a aplicação em outros locais). Assim, quando for necessário a utilização desses dispositivos, eles devem ser especificamente aprovados para essas aplicações ou ainda ser dotados de segurança intrínseca.

As áreas de Classe 1 Divisão 2, são aquelas em que os gases e vapores inflamáveis podem existir:

Somente em caso de quebra accidental ou operação anormal do equipamento de processo.

3.1.2. Classe II

A classe 2, assim como a classe 1, é subdividida em grupos. Esta classe analisa áreas que contém pós combustíveis. No geral, sua classificação se assemelha à utilizada para gases inflamáveis (RIBEIRO,2012).

No entanto, as extensões das áreas classificadas para um ambiente com presença de pós combustíveis podem ser bem diferentes das normalmente encontradas para os ambientes com gases, pois neste caso:

- a) As camadas de poeiras, diferente dos gases ou vapores, não são diluídas por ventilação ou difusão após o vazamento ter cessado.
- b) A ventilação pode aumentar o risco, criando nuvens de poeira, resultando num aumento da extensão.
- c) As camadas de poeira depositadas podem criar um risco cumulativo, enquanto que os gases ou vapores não.
- d) "Camadas de poeira podem ser objeto de turbulência inadvertida e se espalhar, pelo movimento de veículos, pessoas, etc." (JORDÃO, 2002, p.39).

Nesta classe, a subdivisão em grupos E, F e G considera a propriedade dos pós combustíveis em conduzir ou não eletricidade. Por este motivo, os critérios de instalação adotados nas indústrias referentes a esta classe, diferem muito dos critérios aplicáveis às

indústrias da Classe I. Correspondem à Classe 2 as indústrias farmacêuticas, químicas, alimentares e carboníferas (JORDÃO, 2002).

Segue abaixo exemplos com algumas substâncias mais comuns, relacionadas ao seu respectivo grupo:

- Grupo E: Pós-metálicos combustíveis, incluindo alumínio, magnésio e suas ligas comerciais. Incluem-se também outras poeiras combustíveis que apresentam riscos similares na presença de equipamentos elétricos.
- Grupo F: Pós carbonáceos, derivados do carvão, grafite e do coque (com mais de 8% de produtos voláteis).
- Grupo G: Pós-combustíveis que não estão incluídos nos grupos E e F, tais como farinha, cereais, madeira, plásticos e produtos químicos.

Nos grupos E e F, deve-se atentar para o requisito de construção do equipamento, o qual se refere à penetração de poeiras. Já no Grupo G, os cuidados maiores se devem na proteção contra a geração de eletricidade estática pela movimentação do material não condutor.

Em casos de indústrias que processam, manuseiam e/ou armazenam produtos inflamáveis em forma de poeira, o risco de combustão ocorre quando as partículas são menores que 1mm. Desta forma, quanto mais fino for o pó, mais poderosa será a explosão e menor será a energia necessária para causar a ignição (JORDÃO, 2002).

Assim como na Classe I, a Classe II precisa de informações sobre a classe de temperatura e divisão para completar o trabalho de classificação de área. A tabela 2 mostra os valores de temperatura de ignição para cada grupo da Classe II

Tabela 3 – Temperatura de Ignição dos subgrupos para Classe II (JORDÃO, 2002, p. 30).

Grupos da Classe II	Equipamentos não Sujeitos a Sobrecarga		Equipamentos tais como Motores ou Transformadores que Podem Sofrer Sobrecarga			
			Em operação normal		Com sobrecarga	
	°C	°F	°C	°F	°C	°F
E	200	392	200	392	200	392
F	200	392	150	302	200	392
G	165	329	120	248	165	329

As temperaturas marcadas nos equipamentos deverão ser menores do que as temperaturas de ignição dos pós combustíveis apresentados no ambiente avaliado.

De acordo com a normatização americana NEC, o conceito de Divisão para a Classe 2 corresponde a:

Tabela 4 - Definição de divisão para Classe II (JORDÃO, 2002).

Locais onde a poeira combustível pode estar presente no ar sob condições e quantidades normais de operação e em quantidade suficiente para produzir uma mistura inflamável e/ou explosiva.	Divisão 1
Locais onde a poeira combustível não encontra-se normalmente no ar em quantidade suficiente para produzir mistura inflamável e/ou explosiva e o acumulo de poeira é normalmente insuficiente para interferir na operação normal do equipamento elétrico ou outros dispositivos. Porém, a poeira combustível pode estar no ar como resultado do mau funcionamento do equipamento de processo ou operação anormal.	Divisão 2

3.1.3. Classe III

Esta classe avalia áreas que contém fibras combustíveis. Trata-se da classe de menor risco, uma vez que os materiais encontram-se em forma de fibras mais pesadas. Assim, os critérios de instalação são menos rigorosos que os aplicáveis às Classes 1 e 2.

Outra característica importante desta Classe é que não existe subdivisão em Grupos nem em Classe de Temperaturas, existindo apenas o Conceito de Divisão, conforme demonstra a tabela abaixo:

Tabela 5 - Definição de divisão para classe III

Locais onde as fibras de fácil ignição ou materiais que as produzem são manuseadas, fabricadas ou usadas.	Divisão 1
Locais onde as fibras de fácil ignição são armazenadas.	Divisão 2

(JORDÃO, 2002, p.37)

3.2. Conceito Conforme Norma Brasileira (NBR) e Internacional (IEC)

A partir do momento em que o Brasil aderiu às normas elaboradas pela Comissão Internacional de Eletricidade (IEC), assumiu também os conceitos e terminologias praticados internacionalmente, os quais diferem de forma significativa daqueles utilizados pela norma americana.

Ao invés de classificar os ambientes em classes, conforme mencionado no tópico anterior, a norma internacional (IEC) se apresenta em grupos (Grupo 1, Grupo 2 e Grupo 3). A divisão destes grupos é realizada conforme a utilização do equipamento e o ambiente onde este será instalado (JORDÃO, 2002).

Segue abaixo a classificação dos grupos, de acordo com a IEC/NBR:

- Grupo I: Equipamentos destinados para operar em mineração subterrânea, para utilização em minas de carvão onde exista poeira combustível e grisu (gás combustível, formado de metano, anidridos carbônicos e nitrogênio, o qual se desprende espontaneamente das minas de carvão);
- Grupo II: Equipamentos destinados para operar em outras indústrias (indústrias de superfície), com atmosferas que contenham gás combustível (excluindo minas suscetíveis ao grisu). Sendo subdividido conforme as características dos gases envolvidos;
- Grupo III: Equipamentos destinados para utilização em locais com atmosfera explosiva de poeiras (excluindo minas de carvão). Sendo subdividido conforme a natureza das poeiras envolvidas.

Conforme mencionado, o Grupo I refere-se somente à mineração subterrânea. O gás é o principal gás encontrado nas minas, porém, em alguns casos, pode-se encontrar outros tipos de gases inflamáveis. Quando detectados estes gases, os equipamentos que serão utilizados neste ambiente devem ser ensaiados de acordo com os requisitos referente ao Grupo I e também referente ao Grupo II (os ensaios deverão depender das propriedades do gás inflamável encontrado).

O Grupo III é muito semelhante às Classes 2 e 3 da norma americana NEC, sendo subdividido de acordo com a natureza explosiva da poeira. As subdivisões são:

- IIIA: Fibras combustíveis (referente à Classe 3 da NEC);
- IIIB: Poeiras não condutoras (referente à Classe 2 da NEC);
- IIIC: Poeiras condutoras (referente à Classe 2 da NEC).

Existe uma graduação de risco entre as subdivisões do Grupo III, onde o subgrupo C representa o maior risco. Os equipamentos deste também podem ser utilizados no subgrupo IIIB e IIIA. Já os equipamentos do IIIB também podem ser utilizados no IIIA. Os equipamentos do subgrupo IIIA são os de menor risco, não podendo ser utilizados nos outros subgrupos.

A seguir, o Grupo II será melhor detalhado, visto que este trabalho tem como objetivo desenvolver soluções para serem utilizadas em ambientes que contém gases inflamáveis.

3.2.1. Grupo II

Segundo a IEC (Comissão Internacional de Eletricidade), os gases do Grupo 2 são subdivididos em 2A, 2B e 2C. Esta subdivisão possui certa similaridade com a subdivisão da Classe 1, referente à norma americana NEC, por também indicar uma graduação de periculosidade da substância, do ponto de vista do comportamento durante uma explosão.

No entanto, a ordem de graduação de periculosidade de ambas as normas é inversa. No NEC, o Grupo A possui maior periculosidade e o Grupo D a menor (para Classe 1). Já na IEC, o Grupo 2C possui a maior periculosidade e o Grupo 2A a menor (JORDÃO, 2002).

As substâncias e seus respectivos grupos estão definidos na tabela abaixo:

Tabela 6 – Grupos de Gases(JORDÃO, 2002).

Grupos	Substancias
IIA	Propano, Butano, Metanol, Benzeno, Xileno, Butanol.
IIB	Eteno, Butadieno, Eter dietilico, Gás de forno a coque.
IIC	Acetileno, Hidrogênio, sulfureto de carbono.

3.2.1.1. Conceito de zonas para áreas com gases e vapores (NBR IEC 60079-10)

Em função da probabilidade de ocorrência de um material inflamável, as medidas de proteção empregadas nos equipamentos elétricos podem ser mais ou menos restritivas, de forma que o emprego do equipamento seja economicamente viável.

A denominação adotada pela norma brasileira/internacional para designar o grau de risco encontrado no local é ZONA, ao invés do termo DIVISÃO utilizado na norma americana.

Desta forma, são reconhecidos três níveis de probabilidade de ocorrência de uma mistura explosiva, sendo elas:

Tabela 7 - Tipos de Zonas(ABNT NBR IEC 60079-10-1)

IEC/NBR	Definições
Zona 0	Áreas onde a existência de mistura inflamável/explosiva é <u>continua</u> , ou existe por longos períodos. As medidas de proteção adotadas devem ser <u>extremamente rigorosas</u> .
Zona 1	Áreas onde a existência de mistura inflamável/explosiva ocorre <u>em condições normais</u> de operação do equipamento de processo, porém, com duração menor do que a Zona 0.
Zona 2	Áreas onde a existência de mistura inflamável/explosiva ocorre <u>em condições anormais</u> de operação do equipamento de processo e por curtos períodos de tempo, quando ocorre alguma falha ou acidente. As medidas de proteção não necessitam do mesmo rigor daquelas empregadas para Zona 0 e Zona 1.

Definem-se de “Zona 0” locais muito perigosos, onde existem mistura inflamável durante todo o tempo. O exemplo mais comumente utilizado de “Zona 0” é a parte situada acima da superfície do líquido inflamável e interna a um tanque de armazenamento de combustível. Encontram-se muitas restrições para instalação de equipamentos elétricos nesses locais, sendo permitidos apenas aqueles que forem de “Segurança Intrínseca, Categoria ia” (a qual, será definida na página 23) ou especialmente aprovados para esta finalidade (JORDÃO, 2002).

Os procedimentos utilizados nas Zonas 0 e 1 podem ser adotados a uma “Zona 2”, porém observa-se restrições quanto à viabilidade econômica da planta. Na Zona 2, não é necessário a utilização de equipamentos com nível muito alto de proteção (de maior custo financeiro), uma vez que nela não é previsto a ocorrência de uma atmosfera explosiva em operação normal (BORGES, 1997).

Tendo em vista uma tendência internacional, na Zona 2 pode-se utilizar até mesmo equipamentos que não contém um tipo de proteção específico. Para a validação deste equipamento, é necessário:

- ser avaliado por pessoal com devida experiência e que tenham acesso a todas as informações pertinentes ao produto;
- ser instalado dentro de invólucros que apresentem um grau de proteção condizente para Zona 2;
- em alguns casos, que o produto instalado dentro do invólucro seja submetido a ensaios praticados em laboratórios que fazem parte do Sistema Brasileiro de Certificação (CEPEL/Labex e USP/IEE). Assim, é feito a certificação da montagem dos equipamentos dentro do invólucro, esse processo pode ser utilizado em Zona 2 e também em Zona 1. (BORGES, 1997).

3.2.1.2. Classe de Temperatura de Ignição dos gases

A classificação de Temperatura para o Grupo 2, de acordo com as normas definidas pelo IEC, assemelha-se à Classificação de Temperatura para a Classe 1 utilizada pelo NEC.

Segundo o IEC, temos as seguintes classes de temperaturas para gases:

Tabela 8 - Valores de classes de temperatura(BORGES, 1997, p.24)

Classe de Temperatura	Máxima Temperatura de Superfície (°C)
T1	450
T2	300
T3	200
T4	135
T5	100
T6	85

Cabe ressaltar que a classificação da tabela acima não pode ser aplicada aos equipamentos que compõe o Grupo 1, uma vez que para estes a temperatura de superfície deve ser limitada a 450°C.

Observa-se no Grupo de Gases a inexistência de relações entre este grupo e as Classes de Temperatura. Nesse sentido, pode-se provocar ignição de um gás de um grupo com um nível extremamente baixo de Temperatura, enquanto que para outro gás do mesmo grupo é necessária uma temperatura extremamente alta. Por exemplo, a Amônia pertence ao Grupo IIA exige equipamentos classificados como T1, já a Nafta, que também pertence ao Grupo 2A, exige equipamentos classificados como T3 (BORGES, 1997).

Segue abaixo a Tabela 9, onde se encontram alguns exemplos de misturas e vapores explosivos.

Tabela 9 - Classe de temperatura de diferentes gases.

Gás	Grupo	Classe de Temperatura	Temperatura de Ignição (°C)
Amônia	2A	T1	630
Anilina	2A	T1	617
Butanol	2A	T2	340
Nafta	2A	T3	290
“CO”	2B	T1	605
Benzeno	2A	T1	560
Hidrogênio	2C	T1	560
Acetileno	2C	T2	305
Etileno	2B	T1	425
Propano	2A	T1	470
Gasolina	2A	T3	280

(JORDÃO, 2002).

A terminologia para classificação de áreas mencionadas nesse trabalho, seja oriunda da normalização americana seja da normalização brasileira/internacional, refere-se basicamente a dois aspectos

- a) Informação sobre o tipo de substância que pode estar presente no ambiente externo (gás, poeira ou fibra) e suas respectivas temperaturas de ignição.
- b) Informações sobre o grau de risco apresentado pelo local (divisão ou zona).

Porém, esses aspectos não são suficientes para que seja feita uma classificação de áreas. É necessário acrescentar mais informações a respeito da extensão das áreas classificadas, para avaliar as dimensões do volume de risco.

Isso implica na análise e tratamento de diversos fatores relacionados não só a substância inflamável em questão, mas também aos fatores externos, como por exemplo: condições de ventilação, tipo do equipamento de processo, densidade do gás, taxa de liberação do material inflamável.

Esses fatores não serão analisados nesse trabalho, pois o nosso foco aqui não é detalhar o procedimento de como classificar uma área, e sim fornecer uma visão dos tipos de proteção, normas, e aspectos a serem avaliados.

4. Equipamentos e seus Tipos de Proteção

Os equipamentos e dispositivos elétricos devem conter características inerentes que os tornem capazes de operar em atmosferas potencialmente explosivas, com o mínimo risco de que causem a inflamação do ambiente onde estão instalados. Para isto, existem diversas técnicas construtivas que são aplicadas de forma a reduzir o risco de explosão ou incêndio provocado pela sua operação.

Estas medidas construtivas aplicadas aos equipamentos elétricos visam eliminar pelo menos um dos fatores fundamentais para que ocorra uma explosão (ar, produto inflamável, fonte de ignição).

Nesse trabalho iremos detalhar os dois tipos de proteção utilizados para desenvolver as soluções da Siemens BT: A Prova de Explosão e Segurança Intrínseca. Ao final, será dada uma breve explicação sobre outros tipos de proteção previstos por norma.

4.1. Prova de Explosão Ex-d

O tipo de proteção “A Prova de Explosão” é definido como um invólucro capaz de suportar uma pressão de explosão interna com capacidade de não se romper, impedindo que a explosão se propague para o ambiente externo (JORDÃO, 2002).

Trata-se da mais antiga técnica (referente ao início do século passado) utilizada na construção de equipamentos elétricos em atmosferas explosivas. Há controvérsias quanto à autoria do invólucro à prova de explosão, sendo que alguns acreditam que quem desenvolveu a técnica foram os ingleses e outros acreditam ter sido os alemães (JORDÃO, 2002).

Mais tarde, este tipo de proteção também foi utilizado nas indústrias de superfície. No entanto, para esta nova aplicação, a técnica se tornou mais branda em relação à utilizada em mineração subterrânea. Isto se deve ao fato de que nas indústrias de superfície os equipamentos estavam menos sujeitos aos esforços mecânicos e aos impactos que ocorriam nas minas de carvão (JORDÃO, 2002).

Para atender à primeira parte da definição de Prova de Explosão “invólucro capaz de suportar uma pressão de explosão interna com capacidade de não se romper”, é necessário que o equipamento apresente paredes robustas (JORDÃO, 2002). Em relação

à segunda parte “impedindo que a explosão se propague para o ambiente externo”, todas as partes que compõem o equipamento (junção corpo-tampa, entradas de eletrodutos e cabos, botões de comando e tudo mais que possa ter uma comunicação com o meio externo) devem ser devidamente projetadas para evitar que uma explosão interna se propague para o meio externo (JORDÃO, 2002).

Em função disso, foi desenvolvido o conceito “Junta à Prova de Explosão”, com finalidade de resfriar os gases quentes, provenientes da explosão interna, ao passar por caminhos presentes na construção do invólucro. Desse modo, tal técnica refere-se ao controle de espaços existentes nos invólucros, de modo que sejam capazes de resfriar o gás derivado da explosão, por meio da troca de calor que ocorre ao passar por uma superfície de contato metálico (JORDÃO, 2002).

Além de resfriar o gás, a Junta à Prova de Explosão também funciona como uma válvula de alívio de pressão, pois quando ocorre uma explosão no interior do invólucro há uma tendência dos gases quentes escaparem por espaços inevitáveis existentes entre o corpo e a tampa.

No entanto, quando os gases chegam ao ambiente externo, é imprescindível que eles estejam a uma temperatura inferior a de autoignição dos gases do local. O resfriamento é conseguido através do comprimento do flange “l” mostrado na figura 1, o qual deve ter uma medida mínima de forma que seja capaz de resfriar o gás antes de sair para o meio externo.

Porém, a transferência de calor do gás para a superfície metálica depende da variável “tempo”, ou seja, se o gás passar muito rápido através do comprimento do flange “l”, ele não se resfriará suficientemente e poderá ir para o meio externo com uma temperatura indesejada ou mesmo com partícula incandescentes, podendo ocasionar uma explosão.

Para evitar que isto ocorra, é necessário dimensionar corretamente o MESG (Interstício Máximo Experimental Seguro), que corresponde à distância perpendicular entre o corpo e a tampa do invólucro, representado por “i” na figura 1.

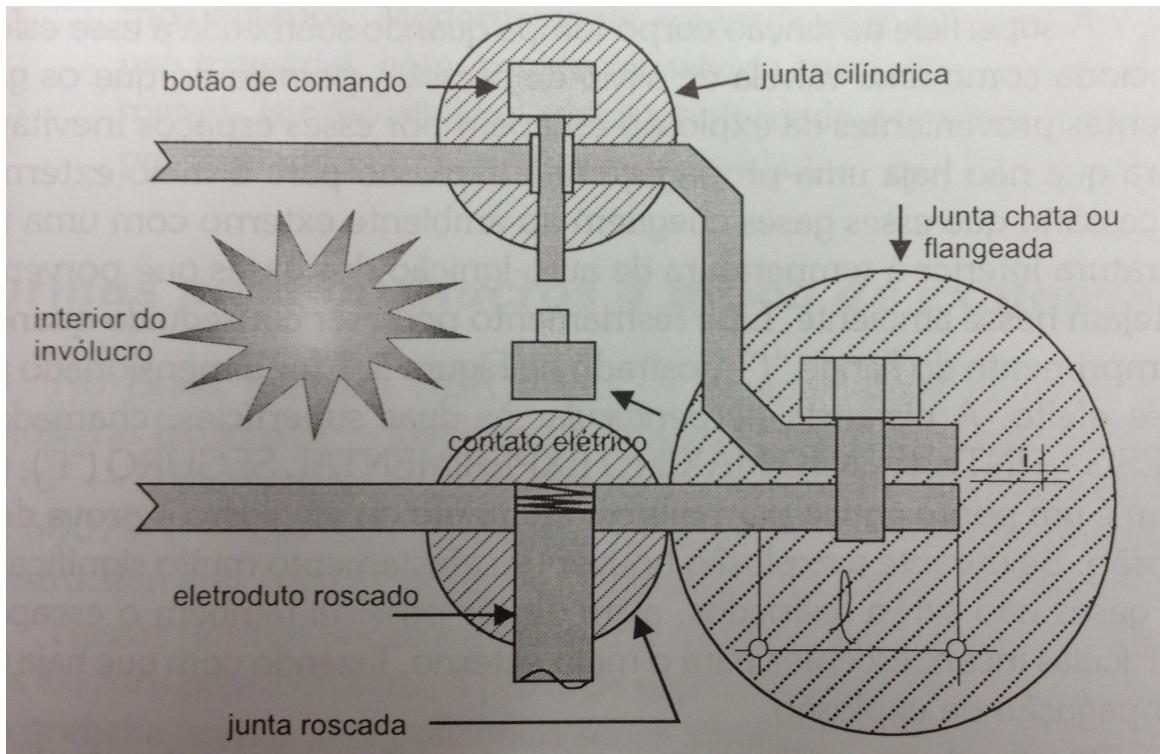


Figura 1 - Invólucro à prova de explosão com junta flangeada (JORDÃO, 2002, p.253).

Assim, esta distância perpendicular possui uma dupla função, a primeira é manter o gás um tempo suficiente para ser resfriado dentro do invólucro e a segunda é liberar o gás (já resfriado) para o meio externo, aliviando a pressão interna da caixa.

Conforme ocorrem explosões dentro da caixa, há uma tendência de afastamento entre o corpo e a tampa do invólucro e, consequentemente, o valor de “i” irá aumentar. Em decorrência disto, é necessário colocar vários parafusos de fixação entre o corpo e a tampa, para que o invólucro não se deforme ao longo do tempo. A utilização destes parafusos é de grande importância para a funcionalidade do equipamento, os quais devem ser projetados corretamente (material utilizado, dimensões, distância entre os parafusos, torques devidamente especificados, etc.). Logo, se estes parafusos forem substituídos por outros, o equipamento perderá sua certificação.

A figura 2 ilustra um invólucro com valor de “i” muito aumentado, sendo indicado pela seta. Este poderia ser evitado se houvesse mais um parafuso fixado entre os dois já existentes na caixa.

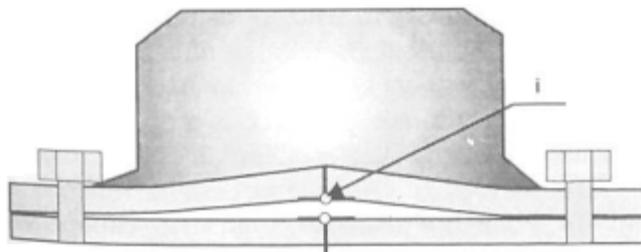


Figura 2 - Deformação provocada por esforços térmicos mecanicos. (JORDÃO, 2002, p.253)

São utilizadas, basicamente, cinco tipos de juntas em invólucros à prova de explosão, sendo elas:

1. Junta Flangeada;
2. Junta de encaixe;
3. Junta cilíndrica e eixos de operação;
4. Junta roscada;
5. Junta cimentada.

(JORDÃO, 2002, p.256).

Os dois modelos mais utilizados são as juntas flangeadas e as juntas roscadas. Nos Estados Unidos e também no Brasil, é mais comum encontrar invólucros que utilizam juntas flangeadas. Já na Europa, existe a preferência por juntas roscadas, estas apresentam a vantagem de não possuir um grande numero de parafusos, facilitando a montagem e manutenção, diminuindo também o risco de não conformidades, como falta de parafusos ou parafusos frouxos.

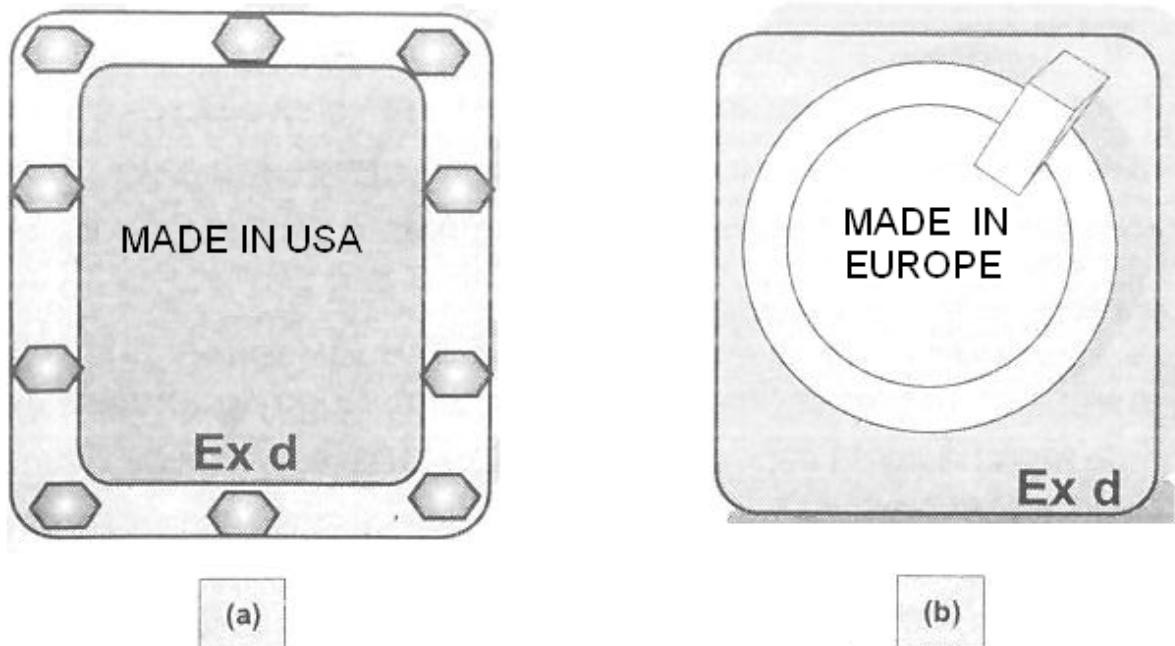


Figura 3 - Tipos construtivos Ex-d, conforme tecnologia americana (a) e tecnologia europeia (b) (JORDÃO, 2002, p.269).

Quando se utiliza um equipamento Ex-d, é necessário atender diversos requisitos construtivos na instalação de componentes, como junção corpo-tampa, entradas de eletrodutos com unidades seladoras ou entradas de cabos (através de prensa-cabo). Estes precisam ser utilizados conforme ABNT NBR IEC 60079-14, ou seja, mesmo com todos esses instalados, o invólucro deverá ter a mesma certificação.

Por fim, é importante lembrar que os valores de “I” e de “i” irão variar em função da classificação da área (grupo I, IIA, IIB, IIC, III). Desse modo, para gases diferentes os valores de temperatura de ignição irão variar e, consequentemente, os valores “I” e “i” também.

Observação: Invólucros com grandes volumes devem ser evitados, sempre que possível, uma vez que esses têm alto custo, são pesados, difíceis de transportar e difícil de serem instalados. Por estes motivos, é indicado utilizar invólucros menores e interligá-los por eletrodutos (JORDÃO, 2002).

4.2. Equipamentos Ex “i”

Os estudos relacionados à segurança intrínseca tiveram início na Inglaterra, motivados por inúmeros acidentes ocorridos em minas na Inglaterra entre 1911 e 1913. Desta data até os dias atuais, diversos estudos foram realizados a respeito do assunto,

sendo esta técnica aceita na maioria das normas para atmosferas explosivas em vigor atualmente, inclusive a IEC, que possui uma norma específica para equipamentos intrinsecamente seguros (IEC 60079-11). (BORGES, 1997)

A segurança intrínseca encontrou seu espaço principalmente no âmbito da instrumentação eletrônica e em diversos outros equipamentos que operam com baixos níveis de energia elétrica. (BORGES, 1997)

Esse tipo de proteção oferece diversas vantagens em relação às outras técnicas de proteção. Dentre as vantagens estão:

- a) Baixo custo de projeto e produção; (BULGARELLI, 2010)
- b) Possibilidade de se realizar ajustes e medidas com o equipamento energizado; (BULGARELLI, 2010)
- c) Tipo de proteção reconhecido internacionalmente; (BORGES, 2007)
- d) Permite o seu uso em Zona 0; (ABNT NBR IEC 60079-14, 2011)
- e) Apresenta elevados índices de segurança e de imunidade a falhas humanas (quando corretamente projetado) (BULGARELLI, 2010)
- f) Baixos custos de instalação e manutenção (BORGES, 1997)

De acordo com a NBR IEC 60079-11, equipamentos de segurança intrínseca devem ser classificados nas categorias de proteção “ia”, “ib” ou “ic”.

Equipamentos “ia”

Sendo corretamente selecionado, um equipamento da categoria de proteção “ia” não deve ser capaz de causar ignição em operação normal ou na combinação de dois defeitos quaisquer. (ABNT NBR IEC 60079-11, 2009)

Equipamentos “ib”

Sendo corretamente selecionado, um equipamento da categoria “ib” não deve ser capaz de provocar uma ignição em operação normal ou na condição de um único defeito. (ABNT NBR IEC 60079-11, 2009)

Equipamentos “ic”

Sendo corretamente selecionado e instalado, um equipamento da categoria “ic” não deve ser capaz de provocar uma ignição em operação normal. (ABNT NBR IEC 60079-11,2009)

Os equipamentos de segurança intrínseca funcionam de forma diferente de outras técnicas de proteção. Ao invés de isolar uma fonte de ignição, esses equipamentos são projetados de forma que não haja essa fonte de ignição. (BORGES,1997)

O sistema intrinsecamente seguro, portanto, objetiva limitar a energia do sistema de forma que se torne impossível uma ignição, mesmo no caso de falhas. A energia liberada na forma de calor ou em uma possível centelha elétrica não é capaz de ocasionar uma explosão. Essa máxima energia é diferente dependendo da atmosfera em que ele está sendo instalado. (BORGES,1997)

Os circuitos intrinsecamente seguros envolvem, além daqueles que vão ser instalados no campo, outros equipamentos associados. A utilização desses equipamentos tem como objetivo limitar a energia que é enviada para uma área classificada. Portanto, a segurança intrínseca abrange o circuito como um todo, e não apenas os dispositivos de campo. (BORGES,1997)

A figura 4 mostra um circuito típico de uma instalação intrinsecamente segura.

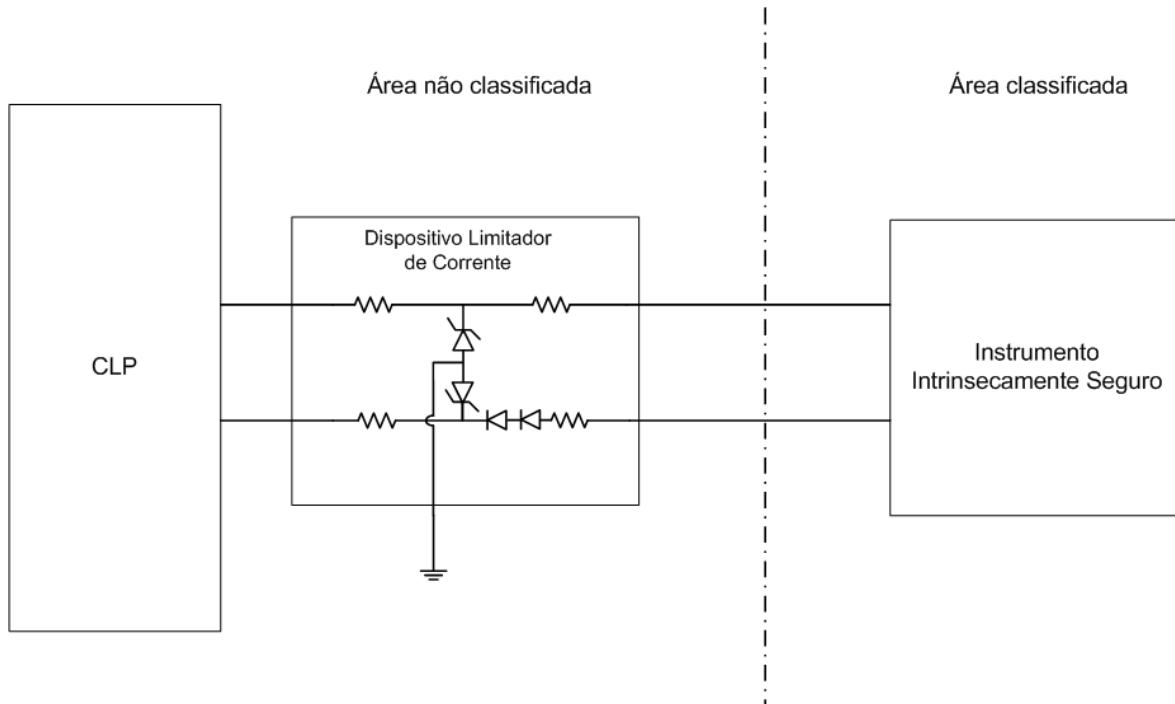


Figura 4 - Exemplo típico de uma instalação intrinsecamente segura (BULGARELLI,2012)

Certos equipamentos não precisam ser certificados para serem utilizados em sistemas intrinsecamente seguros. São os chamados equipamentos simples. (ABNT NBR IEC 60079-11,2009)

Tais equipamentos são componentes ou uma combinação de componentes de construção simples com parâmetros elétricos muito bem definidos e que são compatíveis com a segurança intrínseca do circuito no qual eles são utilizados.(BORGES,1997)

A correta seleção de equipamentos Ex “i”, assim como a de seus equipamentos associados será abordada na seção 7 do presente trabalho.

4.3. Outros Tipos de Proteção

Conforme mencionado, existem outros tipos de proteção de equipamentos elétricos previstos por normas. Abaixo segue uma breve descrição sobre cada um desses tipos:

4.3.1. Segurança Aumentada Ex-e

Trata-se de uma técnica de proteção, na qual medidas construtivas adicionais são aplicadas aos equipamentos elétricos que, em condição normal de operação, não produzem centelhamento ou alta temperatura capaz de iniciar uma explosão. Este tipo de

proteção tem como resultado uma diminuição significativa na probabilidade do equipamento representar um risco de ignição (JORDÃO, 2002).

O universo de aplicação desta técnica é reduzido, sendo exigido que os equipamentos “Ex e” não apresentem tensão de operação superior a 11kV rms, bem como não possuam internamente componentes que produzam tensão superior a este valor. Seguem abaixo alguns equipamentos e dispositivos que podem ser construídos com esta técnica:

- Motores de indução (gaiolas de esquilo);
- Luminárias (que não gerem alta temperatura);
- Caixas com terminais de ligação;
- Baterias;
- Resistores de aquecimento, etc. (JORDÃO, 2002, p.286).

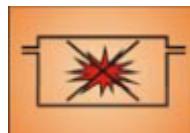


Figura 5 - Símbolo Ex-e (BLINDA, Catálogo Geral, 2009).

4.3.2. Equipamentos Pressurizados Ex-p

Este tipo de proteção tende a manter presente, no interior da caixa, uma pressão positiva superior à atmosférica, de modo a preencher o interior do invólucro com um gás de proteção (ar ou gás inerte), impedindo a penetração de algum produto inflamável na forma de gás ou vapor (BLINDA, Catálogo Geral, 2009).

A pressurização de invólucros pode ser:

1. Pressurização com compensação de perdas;
2. Pressurização com diluição contínua;
3. Pressurização estática.



Figura 6 - Símbolo Ex-p (BLINDA, Catálogo Geral, 2009).

4.3.3. Equipamento Elétrico Não Acendível Ex-n

Refere-se a um tipo de equipamento elétrico que não é capaz de liberar energia suficiente para inflamar uma atmosfera explosiva, em condições normais e certas condições anormais especificadas de operação (JORDÃO, 2002).

Segue abaixo, algumas definições adotadas para este tipo de proteção:

- Ex nA - não centelhante
- Ex nC - pode ter componente centelhante porém protegido hermeticamente
- Ex nR - com respiração restrita (Luminárias)
- Ex nL - com energia limitada
- Ex nZ - com pressurização Z

(BLINDA, Catálogo Geral, 2009).

4.3.4. Equipamento Elétrico Imerso em Óleo Ex-o

Neste tipo de proteção, o equipamento elétrico ou partes deste que podem liberar energia suficiente para inflamar uma atmosfera explosiva encontram-se imersos em um meio isolante de óleo (líquido de proteção).

De acordo com a norma IEC 60079-6 (1995), a aplicação desta técnica somente é permitida aos equipamentos que não produzam arcos, centelhas ou alta temperatura, em condições normais de operação, que podem ocasionar ignição em contato com uma mistura inflamável (JORDÃO, 2002).



Figura 7 - Símbolo Ex-o (BLINDA, Catálogo Geral, 2009).

4.3.5. Equipamento Imerso em Areia Ex-q

Trata-se de um tipo de equipamento, no qual as partes que podem liberar energia suficiente para inflamar uma atmosfera explosiva são fixas em posição e estão

completamente submersas num meio isolante de quartzo ou vidro, a fim de evitar a ignição do meio externo (BLINDA, Catálogo Geral, 2009).

A aplicação desta proteção se restringe a equipamentos elétricos ou parte desses, e componentes Ex, atendendo às condições abaixo:

Corrente nominal menor ou igual a 16A;

Potência nominal de consumo menor ou igual a 1000 VA, destinada a ser ligada a uma fonte de alimentação cuja tensão não pode ser superior a 1000 V (JORDÃO, 2002, p. 358).



Figura 8 - Símbolo Ex-q (BLINDA, Catálogo Geral, 2009).

4.3.6. Equipamento Elétrico Encapsulado em Resina Ex-m

Nesta técnica de proteção, as partes que podem liberar energia capaz de inflamar uma atmosfera explosiva estão encapsuladas por uma resina resistente o suficiente, de modo que o meio explosivo não possa ser inflamado (JORDÃO, 2002).

Nesse sentido, o equipamento Ex m não é capaz de causar uma ignição em nenhuma das seguintes condições:

- Categoria ma:
 1. Em condições normais de operação e instalação;
 2. Em nenhuma das condições anormais especificadas;
 3. Em condições de falha definidas.
- Categoria mb:
 1. Em condições normais de operação e instalação;
 2. Em condições de falha definidas.
- Categoria mc:
 1. Em condições normais de operação;

2.Tanto as condições anormais especificadas quanto as condições de falha definidas são considerações que estão explicadas no corpo da norma (BLINDA, Catálogo Geral, 2009).

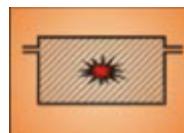


Figura 9 - Símbolo Ex-m (BLINDA, Catálogo Geral, 2009).

4.3.7. Equipamentos de Proteção Especial Ex-s

Equipamento, dispositivo ou circuito cuja técnica de proteção não corresponde ao que é definido por norma, mas que, de acordo com ensaios em laboratório, atendem às condições de operação segura em ambiente de área classificada.

A comercialização do equipamento só é possível com a obtenção de um certificado em uma entidade certificadora, conhecido como “Certificado de Equivalência”. Este atesta que o equipamento possui um nível de segurança compatível com os que são previstos pela normalização (JORDÃO,2002).

5. Normas

As normas representam um importante mecanismo para a padronização de critérios, o que confere justiça em caso de comparação, além de serem eficazes indicadoras de padrão de qualidade. Apesar de haver diversos estudos, textos e livros relacionados ao assunto de instalações elétricas para atmosferas explosivas, a base de toda execução de um projeto deve seguir necessariamente a norma em vigor.(JORDÃO,2001)

No Brasil, as normas de instalações elétricas para atmosferas explosivas são baseadas nas normas internacionais (IEC).

Dentro deste tópico, será feita uma análise das principais normas relacionadas a atmosferas explosivas, ressaltando suas particularidades e os tópicos mais importantes de cada uma, assim como uma comparação entre as normas IEC e NEC, ressaltando as suas diferenças e particularidades.

5.1. Principais Normas

A ABNT NBR IEC 60079 é a principal norma brasileira que trata de assuntos relacionados a atmosferas explosivas. Como o próprio nome já revela, ela é baseada nas normas IEC e é dividida em diversas partes, abordando desde assuntos gerais sobre o tema até requisitos específicos de cada tipo de equipamento, técnicas de instalação, inspeção e manutenção de cada equipamento.

A tabela 10 lista todas as partes que fazem parte desta norma.

Tabela 10 - Lista das normas brasileiras relacionadas com atmosferas explosivas devido à presença de gases

Norma “Ex” Série IEC 60079	Títulos	Ano de Publicação pela ABNT
Parte 0	Atmosferas explosivas – Parte 0: Equipamentos - Requisitos gerais	2008
Parte 1	Atmosferas explosivas – Parte 1: Proteção de equipamento por invólucro à prova de explosão “d”	2009
Parte 2	Atmosferas explosivas – Parte 2: Proteção de equipamento por invólucro pressurizado “p”	2009
Parte 5	Atmosferas explosivas – Parte 5: Imersão em areia “q”	2011
Parte 6	Atmosferas explosivas – Parte 6: Proteção de equipamento por Ed. 3.0 2007 2009 imersão em	2009

	óleo “o”	
Parte 7	Atmosferas explosivas – Parte 7: Proteção de equipamentos por Ed. 4.0 2006 2008 segurança aumentada “e”	2008
Parte 10-1	Atmosferas explosivas – Parte 10-1: Classificação de áreas – Atmosferas explosivas de gás	2009
Parte 11	Atmosferas explosivas — Parte 11: Proteção de equipamento por segurança intrínseca "i"	2009
Parte 13	Equipamentos elétricos para atmosferas explosivas – Parte 13: Construção e utilização de ambientes ou edificações protegidos por pressurização	2007
Parte 14	Projeto, seleção e montagem de instalações elétricas em atmosferas explosivas	2009
Parte 15	Atmosferas explosivas – Parte 15: Proteção de equipamento por tipo de proteção "n"	2007
Parte 16	Equipamentos elétricos para atmosferas explosivas – Parte 16: TR Ed. 1.0 1990 2008 Ventilação artificial para proteção de casas de analisadores	2008
Parte 17	Atmosferas explosivas – Parte 17: Inspeção e manutenção de instalações elétricas	2009
Parte 18	Atmosferas explosivas – Parte 18: Proteção de equipamento por encapsulamento "m"	2010
Parte 19	Atmosferas explosivas – Parte 19: Reparo, revisão e recuperação de equipamentos	2008
Parte 20-1	Atmosferas explosivas – Parte 20-1: Características dos materiais para classificação de gases e vapores – Dados e métodos de ensaios	2011
Parte 25	Atmosferas explosivas – Parte 25: Sistemas elétricos intrinsecamente seguros	2009
Parte 26	Equipamentos elétricos para atmosferas explosivas de gás – Parte 26: Equipamento com nível de proteção de equipamento (EPL) Ga	2008
Parte 27	Atmosferas explosivas – Parte 27: Conceito de <i>Fieldbus Intrinsecamente Seguro (FISCO)</i>	2010
Parte 28	Atmosferas explosivas – Parte 28: Proteção de equipamentos e de sistemas de transmissão que utilizam radiação óptica	2010
Parte 29-1	Atmosferas explosivas – Parte 29-1: Detectores de gás - Requisitos de desempenho	2008
Parte 29-2	Atmosferas explosivas - Parte 29-2: Detectores de gás - Procedimentos de seleção, instalação, utilização e manutenção	2011

Parte 31	Atmosferas explosivas – Parte 31: Proteção de ignição de equipamento para poeira por invólucro “t”	2011
----------	--	------

Essa seção ressaltará os pontos principais de três importantes partes da ABNT NBR IEC 60079, servindo como um guia de consulta rápida ao principal conteúdo dessas normas.

5.2. ABNT NBR IEC 60079-0 – Atmosferas Explosivas Parte 0: Equipamentos – Requisitos Gerais

De um modo geral, a 60079-0 especifica os requisitos gerais para construção, ensaios e marcação de equipamentos elétricos e componentes “Ex” destinados a utilização em atmosferas explosivas.

- Define os grupos que são divididos os equipamentos para atmosferas explosivas (I, IIA, IIB, IIC, IIIA, IIIB, IIIC), conforme mostrado no capítulo 4 desta monografia,
- Mostra quais são os requisitos específicos de fabricação para cada tipo de equipamento. Abrange diversos requisitos como resistência mecânica dos equipamentos, retenção das vedações, resistência térmica, furos roscados, buchas, dispositivos de fixação, materiais para selagem, entrada nos invólucros e muitos outros, servindo como um guia para o fabricante de equipamentos Ex.
- Descreve os diversos tipos de ensaio de tipo e de rotina a que o equipamento Ex deve ser submetido. Nem todos os ensaios descritos nessa norma precisam ser realizados, sendo responsabilidade do fabricante fazer um registro de todos aqueles realizados e das justificativas para aqueles omitidos.
- Identifica quais são as responsabilidades dos fabricantes de equipamentos Ex, sendo elas:
 - a. Conformidade com a documentação
 - b. Certificado
 - c. Responsabilidade pela marcação.

- Explica qual a maneira adequada de marcação de equipamentos Ex, que deve incluir pelo menos as seguintes informações:

Nome do fabricante ou sua marca registrada

Identificação do modelo do equipamento

Número de série

Marca do emissor de certificado

Condições específicas de utilização do equipamento

Marcação específica de acordo com o grupo do equipamento (o símbolo para cada tipo de proteção, o símbolo do grupo, a classe de temperatura e o nível de proteção EPL)

- Especifica os requisitos das instruções que devem vir juntamente com os equipamentos Ex:

Recapitulação da informação com a qual o equipamento elétrico é marcado

Instruções de segurança (colocação em serviço, utilização, montagem, desmontagem, instalação, ajustes, manutenção, revisão e reparo)

Instruções de treinamento

Parâmetros elétricos e de pressão, temperaturas máximas de superfície e outros valores-limites

Relação das normas com as quais o equipamento é declarado estar conforme.

5.3. ABNT NBR IEC 60079-10-1 – Atmosferas Explosivas Parte 10-1: Classificação de áreas – Atmosferas Explosivas de Gás

Em resumo, a parte 10 da ABNT NBR IEC 60079 define os critérios essenciais nos quais o risco de ignição deve ser avaliado e oferece um guia para o projeto e controle de parâmetros que podem ser utilizados para reduzir tais riscos de explosão. Além disso, as seguintes informações merecem destaque na norma em questão:

- Define o objetivo da análise e classificação de um ambiente em que uma atmosfera explosiva possa ocorrer como sendo o de facilitar a adequada

seleção e instalação dos equipamentos a serem utilizados nessa atmosfera explosiva

- Descreve o procedimento adequado de classificação de áreas. Tal procedimento envolve:

Identificação das fontes de risco

Determinação do grau de risco destas fontes

Determinação da taxa de liberação das fontes de risco

Determinação do tipo de zona e da extensão da mesma, através dos parâmetros taxa de liberação do gás, limite inferior de explosividade, ventilação, densidade relativa do gás, condições climáticas e topografia

- Para uma melhor explicação do procedimento de classificação de áreas de ambientes explosivos, a ABNT NBR IEC 60079-10 ainda mostra exemplos ilustrativos.
- Fornece uma orientação para a avaliação do grau de ventilação de um ambiente, podendo ser utilizada no projeto de sistemas de ventilação artificial, uma vez que estes são de extrema importância no controle da dispersão de liberações de gases e vapores inflamáveis.

5.4. ABNT NBR IEC 60079-14 – Atmosferas Explosivas Parte 14: Projeto, seleção e montagem de instalações elétricas.

Esta parte da NBR IEC 60079 contém requisitos específicos para projeto, seleção e montagem de instalações elétricas em atmosferas explosivas.

- Faz recomendações gerais de instalação como a de instalar equipamentos elétricos em áreas não classificadas sempre que possível, inspecionar a obra de acordo com a ABNT NBR 60079-17 na conclusão da montagem.
- Exige que toda instalação deva estar de acordo com os certificados apropriados, sendo necessária a preparação de um prontuário.
- Especifica requisitos para a avaliação de conformidade do equipamento, esclarecendo:

- a. Quais são os certificados válidos.
 - b. Quais equipamentos sem certificados são aceitos.
 - c. Seleção de equipamentos reparados, usados ou existentes.
- De forma a selecionar o equipamento elétrico adequado para áreas classificadas, esta norma enumera as seguintes informações requeridas:
 - a. Documentos de classificação de áreas
 - b. Instruções para montagem e conexão
 - c. Declarações emitidas por fabricante/pessoal qualificado
 - d. Informações necessárias para inspeção
 - e. Classe da atmosfera, temperatura de ignição
 - f. Influências externas e temperatura ambiente
- A norma ainda explica as diferentes maneiras em que podem ser selecionados os equipamentos:
 - a. Seleção de equipamentos de acordo com os EPL
 - b. Seleção de acordo com o grupo de equipamento
 - c. Seleção de acordo com a temperatura de ignição do gás, vapor ou poeira e temperatura ambiente.
- Estabelece requisitos de seleção de equipamentos luminosos e ultrassônicos, explicando o processo de ignição e sugerindo medidas de segurança.
- Alerta para as influências externas que podem afetar negativamente a proteção do equipamento fazendo recomendações com relação à esse risco
- Alerta para o risco de fiscamento que os metais leves podem gerar ao serem submetidos ao atrito mostrando as quantidades máximas de vários metais leves para materiais de construção.
- Explica medidas a serem tomadas para evitar centelhamento. Dentre elas:
 - a. Sistemas de Aterramento
 - b. Potencial de Equalização

- c. Eletricidade Estática
 - d. Proteção Contra Raios
 - e. Radiação Eletromagnética
 - f. Partes Metálicas Protegidas Catodicamente
- Mostra requisitos para a proteção de um sistema elétrico em atmosferas explosivas contra sobrecarga, curtos-circuitos e falhas para o terra.
 - Assim como está explicado na seção 7 da presente monografia, esta parte da norma faz uma descrição geral de como devem ser os sistemas de fios, cabos e eletrodutos de um sistema elétrico em atmosferas explosivas. Descreve detalhes como aberturas em paredes, emendas, conexão de cabos aos equipamentos, linhas aéreas, cabos para equipamentos móveis, selamento de eletrodutos.

5.5. Comparação entre as normas americanas e internacionais

Os padrões mundiais para instalações elétricas em atmosferas explosivas seguem uma forte tendência de harmonização nos dias atuais. As normas americanas (NEC) e canadenses (CEC), por exemplo, reconhecem hoje o uso de zonas para a classificação de áreas. Isso representa uma grande evolução no processo de equalização das normas mundiais mas ainda há muito o que ser feito nesse sentido. (EGS/Appleton Electric, 2000)

Uma vez que ainda somos fortemente influenciados pela tecnologia americana, não é raro nos depararmos com produtos e especificações diferentes daquelas a que estamos acostumados nas normas nacionais. Sendo assim, o conhecimento das particularidades das mais diversas normas torna-se essencial para o ambiente de trabalho de qualquer empresa de tecnologia. E, nesse sentido, as normas para atmosferas explosivas não são uma exceção.

Generalizando, pode-se dizer que os equipamentos elétricos para atmosferas explosivas são encontrados em quatro padrões mundiais principais. A figura 10 mostra a distribuição desses padrões pelo mundo. (EGS/Appleton Electric, 2000)

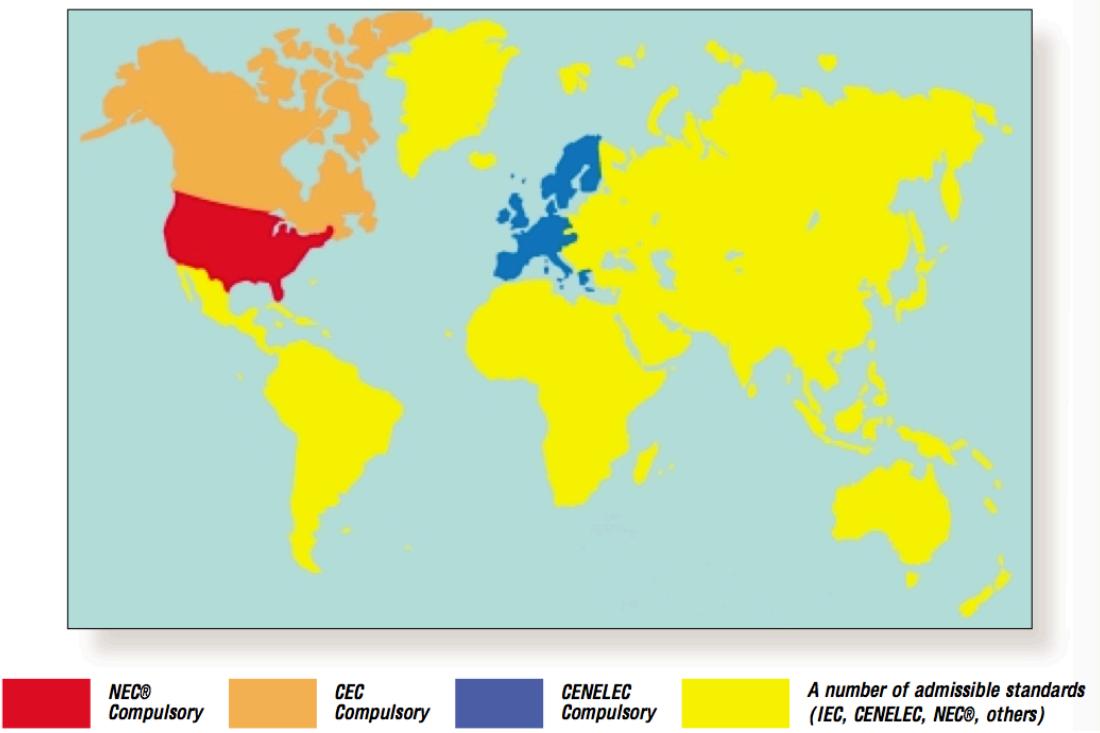


Figura 10 - Distribuição mundial dos principais padrões de normas para atmosferas explosivas (EGS/Appleton Electric, 2000)

Agrupando as normas semelhantes entre si podemos dividir as normas em duas principais vertentes no âmbito de instalações elétricas para atmosferas explosivas: as americanas (em especial a NEC) e as europeias e internacionais (mais especificamente a IEC).

5.5.1. Classificação de Ambientes:

A diferença mais notável quando comparamos os dois principais padrões mundiais, é quanto à classificação de áreas com risco de explosão.

Na América do Norte, o sistema Classe/Divisão tem sido usado por décadas como base da classificação de áreas. As Classes são divididas de acordo com o tipo de perigo e as características explosivas do material, enquanto as divisões são baseadas na ocorrência do material ou do risco que esse pode apresentar. Apesar dos padrões dos EUA (NEC) e do Canadá (CEC) apresentarem algumas diferenças quanto aos métodos de cabeamento e padrões de produto, os dois padrões são praticamente idênticos.(R. STAHL,2010)

Em outras partes do mundo – que utilizam os padrões da IEC e CENELEC de classificação de áreas – o sistema utilizado foi o de Zonas/Grupo, que consiste na divisão de acordo com a ocorrência do material que proporciona o risco de explosão, sendo cada zona dividida de acordo com o grau de periculosidade da mistura inflamável (para mais detalhes, vide capítulo 2).(R. STAHL,2010)

Apesar de, atualmente, os padrões da NEC/CEC reconhecerem o uso de zonas para a classificação de áreas, estas normas só classificam desta forma as áreas classificadas devido à presença de gases combustíveis.(ROCKWELL,2001)

A figura 11 representa visualmente a relação entre o sistema de divisões e o de zonas. Pela análise da figura pode-se concluir que a divisão 2 da norma americana é equivalente à zona 2 da IEC e a divisão 1 é dividida em duas zonas diferentes (0 e 1) na norma internacional.



Figura 11 - Comparaçāo da classificaçāo divisões com a por zonas. (EGS/Appleton Electric, 2000)

Outra relação que se pode fazer entre as formas de classificação de áreas é dos conceitos de GRUPOS de gases.(ABNT NBR IEC 60079-10-1,2009)

As duas formas de divisão são bastante semelhantes, sendo a única diferença o fato de a NEC ter um grupo exclusivo para o gás acetileno (Grupo A). As normas IEC associam os gases hidrogênio, sulfureto de carbono e acetileno a um mesmo grupo (Grupo IIC).(SILVA,2008)

Tabela 11- Comparação NEC x IEC da divisão da área por grupo de gases (SILVA,2008)

Grupo de Gases	NBR IEC	NEC	Substância Inflamável	
	I	ID	Metano	
IIA	IIA		Acetona, Benzeno	
			Butano, Propano	
			Hexano, Gás Natural	
			Etano, Pentano	
			Heptano, Gasolina	
			Álcool Metil	
			Álcool Etil	
			Etileno	
			Ciclopropano	
IIB	IIB	IC	Butadieno 1-3	
			Acetileno	
	IIC	IA	Hidrogênio	
	IB			
Poeiras e Fibras	IIIA	III	Fibras Combustíveis	
	IIIB	IIF	Pós Carbonáceos	
		IIG	Pós Combustíveis	
	IIIC	IIE	Pós metálicos	

A comparação entre os dois sistemas de classificação não é tarefa fácil. Cada sistema se desenvolveu de forma independente do outro, tendo cada um os seus méritos.(ROCKWELL,2001)

O sistema de Classe/Divisão é um método bastante direto e que dá poucas brechas para más interpretações. Por outro lado, o sistema de Zonas oferece mais opções para serem utilizadas em aplicações mais particulares e complicadas. (ROCKWELL,2001)

5.5.2. Temperatura

Ambas as normas falam de forma semelhante quanto à divisão de áreas classificadas em relação às classes de temperatura. Essa marcação indica ao usuário a temperatura máxima de superfície, que o equipamento pode atingir em operação normal ou de sobrecarga prevista, considerando-se uma temperatura ambiente máxima de 40 ° C. (RIBEIRO,2012)

A tabela 12 mostra a relação entre as classes de temperatura da IEC e da NEC.

Tabela 12 - Comparação classe de temperatura IEC x NEC (RIBEIRO,2012)

Classes de Temperatura		Temperatura de ignição dos gases e vapores (°C)
NBR IEC	NEC	
T1	T1	>450
T2	T2	>300
	T2A	>280
	T2B	>260
	T2C	>230
	T2d	>215
	T3	>200
T3	T3A	>180
	T3B	>165
	T3C	>160
	T4	>135
T4	T4A	>120
	T5	>100
T6	T6	>85

5.5.3. Equipamentos

As duas principais vertentes de normas para atmosferas pouco diferem quanto aos tipos de equipamentos permissíveis. Ambas aceitam os mesmos tipos de proteção com a diferença apenas de alguns requisitos adicionais. A tabela 13 mostra um comparativo de quais tipos de proteção são permitidos em cada área ou divisão de acordo com a norma. (ROCKWELL, 2001)

Tabela 13 - Tabela de comparação dos tipos de proteção dos equipamentos das normas americanas e internacionais (ROCKWELL,2001)

Zona 0	Zona 1	Zona 2
Intrínsecamente Seguro 'ia'	Invólucros à prova de explosão 'd'	Intrinsecamente seguro 'ic'
Encapsulamento 'ma'	Segurança aumentada 'e'	Encapsulamento 'mc'
	Intrinsecamente seguro 'ib'	Não acendível 'n' ou 'nA'
	Encapsulamento 'mb'	Respiração restrita 'nR'
	Imersão em óleo 'o'	Limitação de energia 'nL'

	Invólucros pressurizados 'px' ou 'py'	Equipamento centelhante 'nC'
	Imersão em areia 'q'	Invólucros pressurizados 'pz'
	Qualque método de Zona 0	Qualquer método Zona 0 ou 1
Divisão 1		Divisão 2
À prova de explosão		Equipamento centelhante
Intrínsecamente Seguro (2 falhas)		Não acendível
Invólucros pressurizados tipo X ou Y		Pressurizado
		Equipamento não-centelhante
		Encapsulamento
		Imersão em óleo
		Qualquer método da Divisão 1

5.5.4. Métodos de instalação:

Os sistemas elétricos norte-americanos e europeus são baseados em diferentes tensões, frequências e tamanho de condutores, fazendo uma comparação direta entre os dois sistemas ser muito difícil. Não existem padrões de cabos e eletrodutos IEC que são aceitos mundialmente, tendo cada país seu próprio padrão de uso. (EGS/Appleton Electric, 2000)

Um sistema amplamente usado nos países norte-americanos é o de eletrodutos com unidades seladoras. A figura 12 mostra um exemplo de unidade seladora. Esse sistema está baseado na utilização de eletrodutos metálicos pesados, protegendo os condutores da fiação e equipados com unidades seladoras preenchidas por uma massa de selagem certificada. (ABPEX,2012)



Figura 12 - Unidade Seladora (WETZEL,2012)

Já os países europeus, geralmente fazem o uso de prensa-cabos para a vedação do sistema. A figura 13 mostra um exemplo de prensa-cabos. Esse sistema utiliza-se de cabos multifilares estendidos diretamente em leitos, bandejas, calhas ou perfilados, sendo os prensa-cabos utilizados na entrada dos invólucros.(ABPEX,2012)



Figura 13 - Prensa-cabos Ex 'd' (NEI,2012)

6. Certificação

Podemos definir certificação como sendo o ato de atestar que um produto, serviço ou pessoal está de acordo com as normas técnicas.

A certificação, nesse sentido torna-se uma poderosa ferramenta tanto para as indústrias como para os consumidores, uma vez que induz – através de testes de desempenho e verificação de conformidade – uma contínua busca por melhorias e desenvolvimento, além de ser uma referência segura de que o produto está sendo comprado dentro dos padrões mínimos de qualidade.(JORDÃO,2001)

No Brasil, a certificação de conformidade de equipamentos “Ex” começou a ser obrigatória apenas em 1991, com a portaria INMETRO 164/91. Pelo fato de, inicialmente, o Brasil ter sido influenciado pela tecnologia americana e ter ficado alheio à evolução desses equipamentos na Europa, o primeiro laboratório brasileiro de certificação – no Instituto de Eletrotécnica da USP – realizava apenas ensaios de equipamentos à prova de explosão e somente para gases do grupo IIA (Grupo D do NEC).(JORDÃO,2001)

A evolução no processo de certificação brasileiro de equipamentos “Ex” teve início na década de 1980, quando a ABNT passou a elaborar as suas normas baseadas nos textos da IEC. Nesse momento percebeu-se a necessidade de implantação de laboratórios capazes de executar a certificação de outros tipos de equipamentos “Ex”. Tendo em vista isso, a ELETROBRÁS inaugurou em dezembro de 1986 o LABEX – Laboratório para Ensaios de Certificação de Equipamentos Elétricos para Atmosferas Explosivas. Esse laboratório colocou o Brasil num nível internacional no âmbito das certificações de produtos para atmosferas explosivas. (JORDÃO,2001)

A falta de conscientização quanto à importância da certificação, entretanto, facilitou o surgimento de práticas ilícitas, como falsificação de certificados e falsificação de equipamentos. (JORDÃO,2001)

A ABNT, com o intuito de mudar essa realidade e conscientizar fabricantes e consumidores, adotou medidas para a divulgação da nova regularização.

Em um trabalho que durou cerca de 7 anos, a ABNT realizou seminários, palestras, reuniões e escreveu artigos sobre o assunto. Até que em 1991, após um período de argumentação junto ao INMETRO, a portaria 164 foi assinada e tornou compulsória a certificação de equipamentos para atmosferas explosivas. (JORDÃO,2001)

Desde então foram publicadas várias outras portarias do INMETRO, seguindo sempre as tendências internacionais e tendo sempre como objetivo o aperfeiçoamento dos processos de certificação de equipamentos para atmosferas explosivas.

Dentre as portarias, podemos destacar a nº 179 de 18/05/2010 que contém o “Regulamento de Avaliação da Conformidade (RAC) para equipamentos elétricos para atmosferas explosivas, nas condições de gases e vapores inflamáveis e poeiras combustíveis” que substituiu o RAC de 2006 que se encontrava obsoleto e desatualizado. A última portaria relacionada ao assunto foi a nº 89, publicada em fevereiro de 2012. A portaria Inmetro 179/2010 continua sendo a referência para a comercialização no mercado brasileiro dos equipamentos elétricos para atmosferas explosivas, com nova redação dada pelas alterações estabelecidas na portaria Inmetro 89/2012. (MAEX,2012)

O Brasil, desde os anos 80, vem entrando em fase com os países europeus e norte-americanos no âmbito de certificação de equipamentos para atmosferas explosivas. Atualmente conta com uma legislação aplicável bastante evoluída e muito similar àquela da União Europeia. (APPEL,2012)

Nesse contexto, uma nova perspectiva surgiu para o país: a participação do Brasil no Sistema IEC de Certificação de Equipamentos para Atmosferas Explosivas (“IECEx System”). Esse Sistema tem o objetivo de facilitar o comércio internacional de equipamentos e serviços para atmosferas explosivas, mantendo o nível de segurança requerido. Com a realização de avaliações de conformidade e a emissão de relatórios de ensaios e de auditorias e certificados de modo padronizado, são reduzidos os custos e prazos para esses processos. Com isso, podem ser aceitos resultados de ensaios e auditorias produzidos por outros organismos e laboratórios, acreditados no IECEx. (APPEL,2012)

O objetivo final do IECEx System é a aceitação mundial de uma única normalização, uma única marcação e um único Certificado de Conformidade. (COBEI,2012)

O IECEx System tem também por objetivo atender a necessidade do mercado da certificação não somente de produtos, mas também de serviços de reparos de equipamentos para atmosferas explosivas, bem como estabelecer um sistema de competências para trabalhos em equipamentos elétricos para atmosferas explosivas.(COBEI,2012)

Além de proporcionar uma maior agilidade para a obtenção de equipamentos importados certificados, o IECEx também se mostra uma excelente oportunidade para os fabricantes nacionais. Uma vez que o Brasil possui excelentes laboratórios e profissionais capacitados, essa concorrência torna-se uma atalho de crescimento para os fabricantes brasileiros para mercados externos.(COBEI,2012)

De acordo com RAC da portaria Inmetro nº 179, existem 3 modelos distintos de certificação para a obtenção da autorização para o uso do Selo de Identificação da Conformidade (figura 14): (INMETRO,2010)

a) Modelo com Avaliação do Sistema de Gestão de Qualidade do Processo de Produção do Produto e Ensaios no Produto

De acordo com o RAC da portaria nº179, “este modelo consiste na avaliação e aprovação do SGQ do Processo de fabricação, utilizado em processos repetitivos de produção em série, com auditorias de terceira parte no fabricante e ensaios em protótipos ou em amostras retiradas na linha de produção ou, preferencialmente, na área de expedição”.

Trata-se da certificação da fabricação do produto, ou seja, por um determinado período um produto com esse tipo de certificação pode ser fabricado sem a necessidade de novos ensaios ou testes para verificar a conformidade do equipamento com as normas relacionadas.

Por envolver uma auditoria na fábrica, este modelo é o mais caro de todos e o que demora mais tempo para ser finalizado. Em média o processo é concluído no prazo de 6 meses e custa cerca de R\$ 10.000,00 mais os gastos com a

auditoria em fábrica.

b) Modelo Ensaio de Lote

Nesse modelo, a RAC da portaria 179 diz que “submete-se a ensaios em amostras tomadas de um lote de fabricação do produto, podendo ser proveniente de uma importação ou não, emitindo-se a partir dos resultados, uma avaliação sobre sua conformidade a uma dada especificação. Não há avaliação de manutenção da certificação”.

Trata-se da certificação apenas de uma certa quantidade de um determinado equipamento. O processo de certificação dura em torno de 3 meses e não precisa de auditoria na fabrica. Os custos são naturalmente menores (por volta de R\$ 6.000,00) que aqueles do modelo “a” e é feito para a certificação de 20 ou mais equipamentos.

c) Modelo Situações Especiais para Produtos Importados

Novo modelo que consiste em avaliação técnica documental e inspeção do OCP, o qual o organismo deve se certificar que os produtos estão de acordo com a documentação analisada. Neste modelo não há avaliação de manutenção da certificação.

Por não precisar de ensaios adicionais, este modelo é o mais barato de todos (por volta de R\$ 2.000) e tem o menor prazo para ser executado. A solicitação deve totalizar, no máximo, 20 unidades (incluídas no mesmo Certificado de Conformidade), sendo que a mesma solicitação não pode ter sido objeto de solicitação em qualquer outro OCP, no período de seis meses.

Ainda existe uma quarta opção de certificação de equipamentos Ex que consiste na emissão de certificados de conformidade baseada na análise de relatórios de ensaios (ExTR) emitidos por laboratórios (ExTL) acreditados pelo IECEx. Ou seja, os Organismos de Certificação de Produtos (OCPs) nacionais podem emitir certificados de conformidade com base em certificações realizadas por Organismo de Certificação (ExCB) acreditado pelo IECEx. (INMETRO,2009)

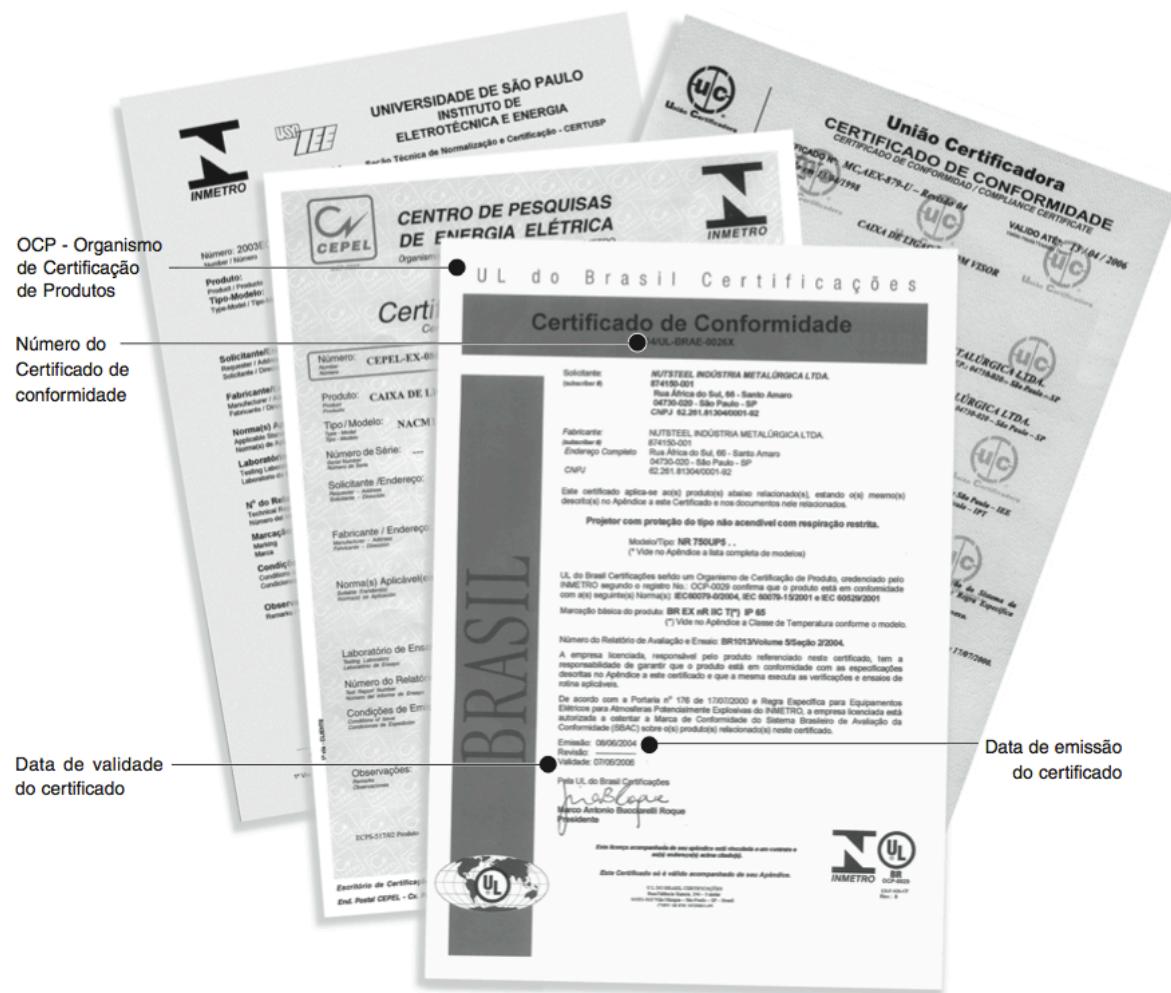


Figura 14 - Exemplo de certificado de conformidade para atmosferas explosivas destacando seus pontos principais (SILVA,2008)

Após receber o certificado de conformidade, o produto deve ser marcado com um selo do INMETRO. A própria RAC demonstra como deve ser esse selo. A figura 15 mostra isso.

Os campos 1 e 2 da figura 15 devem conter as seguintes informações:

- 1- Símbolos: Ex, tipo de proteção em ordem alfabética, grupo do equipamento elétrico, classe de temperatura e/ou temperatura máxima de superfície e identificações adicionais exigidas pela norma específica para o respectivo tipo de proteção;
- 2- Número do certificado, incluindo as letras “X” ou “U”, quando aplicável. (INMETRO,2010)



Figura 15 - Selo de certificação Ex (INMETRO, 2010)

Apesar da grande evolução do processo de certificação brasileiro para atmosferas explosivas, ainda existem algumas questões que precisam ser melhoradas. Uma delas é a fiscalização. Os produtos “Ex” são, normalmente, comercializados sob encomenda, dificultando a fiscalização, que não pode ser feita no comércio.

Ferramentas disponibilizadas pelo INMETRO e pelos organismos acreditados, tais como banco de certificados e ouvidorias, permitem uma outra forma de fiscalização que é por meio de denúncia. O fato de a NR-10 passar a incluir a exigência da certificação no âmbito SBAC (Sistema Brasileiro de Avaliação de Conformidade) para equipamentos elétricos instalados em áreas classificadas, permite a fiscalização do MTE (Ministério do Trabalho e Emprego) diretamente no usuário. Entretanto, são necessários investimentos no treinamento de inspetores, uma vez que a tecnologia dos equipamentos “Ex” é bastante extensa e complexa. (SOUZA, 2008)

7. Projeto e montagem de instalações elétricas em atmosferas explosivas

Instalações elétricas em atmosferas explosivas requerem uma atenção especial por parte dos engenheiros e projetistas uma vez que envolvem riscos adicionais àqueles encontrados em instalações convencionais. Tais riscos exigem requisitos adicionais, que devem ser seguidos rigorosamente para a garantia da segurança do ambiente em que está sendo instalado o sistema elétrico.

Nesta seção, serão apresentados os requisitos para a correta seleção de materiais e equipamentos, além da melhor forma de instalação para os dois principais tipos de proteção de equipamentos elétricos para atmosferas explosivas.

7.1. Requisitos Gerais

Seja qual for o tipo de proteção empregado, a instalação Ex deve seguir os seguintes requisitos mínimos:

Condutores de alumínio: com exceção em instalações intrinsecamente seguras, os condutores de alumínio utilizados em ambientes explosivos devem ter uma seção condutora de pelo menos 16mm². (ABNT NBR IEC 60079-14,2011)

Cabos: para instalações fixas, os cabos devem cumprir com uma das seguintes condições:

- a. Blindados com material termoplástico, termofixo ou elastomérico. Devem ser circulares e compactos, e possuir capa e material de preenchimento (se existente) extrudados e não higroscópicos, ou
- b. Isolação mineral com blindagem metálica, ou
- c. Especiais, tais como cabos-chatos ("flat cables"), com prensa-cabos apropriados.

(ABNT NBR IEC 60079-14,2011)

Além disso, a temperatura de superfície dos cabos não deve exceder a classe de temperatura para a instalação e a conexão de cabos aos equipamentos deve manter a integridade do tipo de proteção contra explosão aplicado. (ABNT NBR IEC 60079-14,2011)

De acordo com a ABNT NBR IEC 60079-14, “a menos que estejam enterrados no solo, cabos fixos ao equipamento devem possuir características contra propagação que os tornem capazes de suportar os ensaios de acordo com a IEC 60332-1”.

Recomenda-se que sistemas de cabos e acessórios sejam instalados, tanto quanto possível, em locais que evitem que os cabos sejam expostos a danos mecânicos e à corrosão ou influências químicas. Quando inevitável, os cabos especificados devem ser apropriados para esse tipo de danos (por exemplo, cabos armados, com proteção metálica, isolação mineral, etc.). (ABNT NBR IEC 60079-14,2011)

Prensa-cabos: Os prensa cabos devem ser especificados de forma a reduzir os efeitos das características de escoamento a frio (“coldflow”) do cabo. Essas características podem levar a uma redução da resistência da isolação do cabo. (ABNT NBR IEC 60079-14,2011)

Eletrodutos: Nas fronteiras de áreas classificadas, devem ser instaladas unidades seladoras nos eletrodutos, evitando a transmissão de gases. (ABNT NBR IEC 60079-14,2011)

Caso seja requerido para a manutenção do grau de proteção apropriado (por exemplo IP54) do invólucro, o eletroduto deve ser fornecido com um dispositivo de selagem adjacente ao invólucro. (ABNT NBR IEC 60079-14,2011)

7.2. Requisitos adicionais para instalações de equipamentos Ex d

Sendo selecionado um equipamento à prova de explosão, não são permitidas quaisquer alterações de componentes internos sem uma reavaliação do equipamento. Isso pode criar condições que resultem em uma pré-compressão ou mudança de classe de temperatura, invalidando o certificado. (ABNT NBR IEC 60079-14,2011)

Juntas flangeadas: a rigorosa manutenção da integridade das faces das juntas flangeadas é um fator que aumenta a complexidade das instalações à prova de explosão. Elas apresentam características que podem permitir a entrada de água para o interior do invólucro, invalidando o tipo de proteção. A norma estabelece

uma distância mínima de 40 mm das juntas flangeadas em relação a qualquer barreira sólida que não faça parte do equipamento, como por exemplo paredes, suportes de montagem, tubos ou outros equipamentos elétricos.(BULGARELLI,2010)

Em relação ao sistema de entrada de cabos, a instalação pode ser feita tanto com entrada direta de cabos quanto utilizando um sistema de eletrodutos, fazendo uso de unidades seladoras.

Entrada direta de cabos: é feita utilizando-se de prensa-cabos. Estes devem ser escolhidos de tal forma que seja apropriado ao tipo de cabo empregado e mantenha o tipo de proteção do invólucro.(ABNT NBR IEC 60079-14,2011).

A seleção de prensa-cabos é um dos maiores causadores de não-conformidades em instalações Ex “d”. Em situações de instalações de invólucros com componentes centelhantes, em áreas do tipo IIC e com volume interno superior a dois litros, há a necessidade de selecionar prensa-cabos Ex ‘d’ com um composto selante adequado. (BULGARELLI,2010)

Esse alto índice de não-conformidade se deve à falta de informação da existência de outras especificações além da classificação do equipamento. Embora seja marcado que o equipamento é para o grupo IIC, alguns prensa-cabos não são adequados para serem utilizados em invólucros com um volume maior ou uma fonte interna de ignição. (BULGARELLI,2010)

A figura 16 explica a correta seleção de prensa-cabos Ex ‘d’ na forma de um fluxograma de decisão.

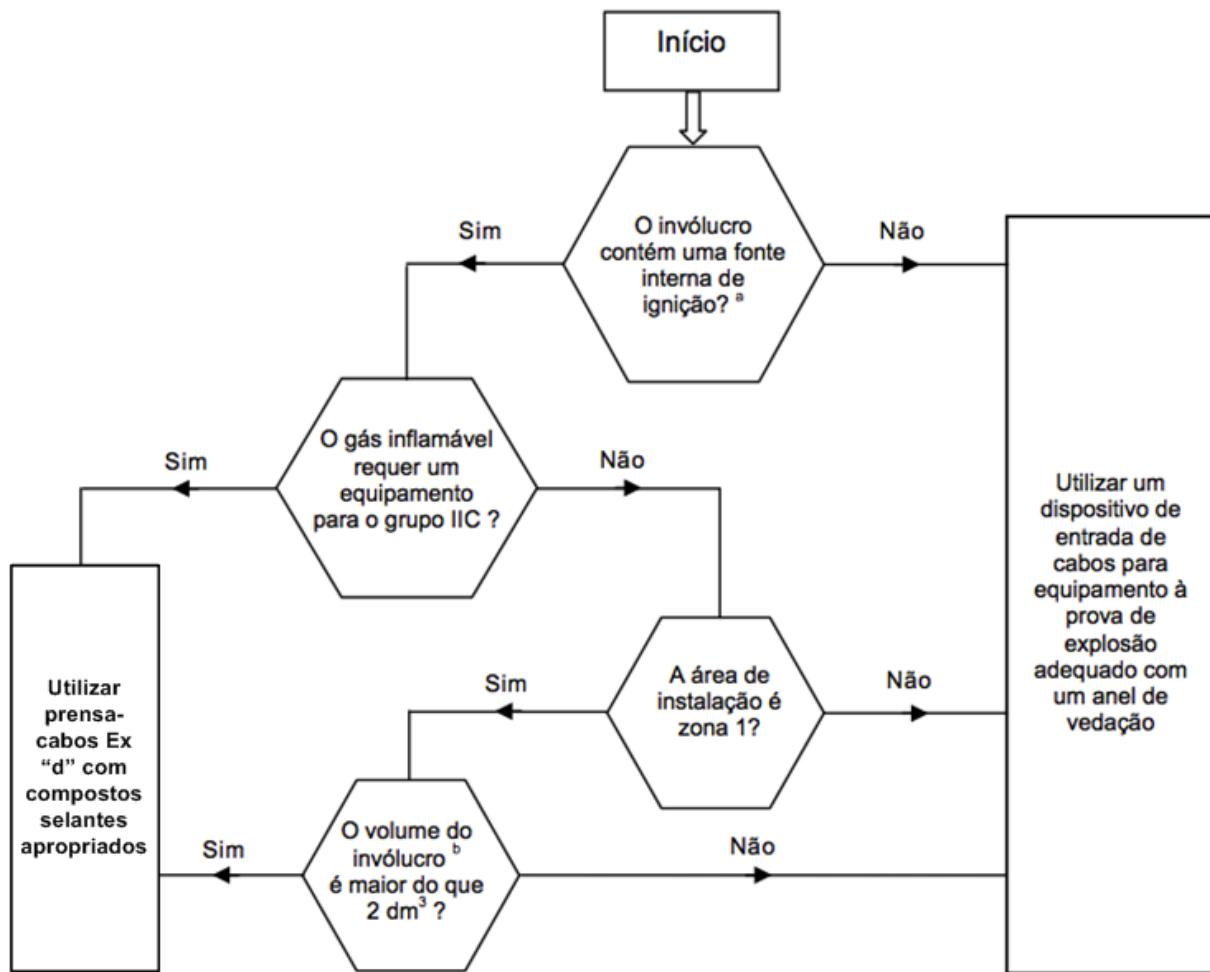


Figura 16- Fluxograma de seleção adequada de prensa-cabos (ABNT NBR IEC 60079-14,2011)

Sistema de Eletrodutos: Para o caso de instalações Ex “d” com um sistema de eletrodutos, devem ser usadas unidades seladoras em todos os eletrodutos que chegam ao invólucro. Elas devem ser instaladas o mais próximo possível do invólucro, não sendo permitidos quaisquer componentes entre o invólucro e a unidade seladora, a não ser aqueles indispensáveis, como niples ou uma união macho e fêmea.(BULGARELLI,2010)

A Figura 17 mostra um exemplo de unidade seladora e de como essa deve receber a massa vedadora, envolvendo todos os condutores e cabos instalados em seu interior. (BULGARELLI,2010)

É de responsabilidade do fabricante da massa seladora indicar a quantidade máximas de condutores permitidos em uma mesma unidade seladora. (ABNT NBR IEC 60079-1,2009)

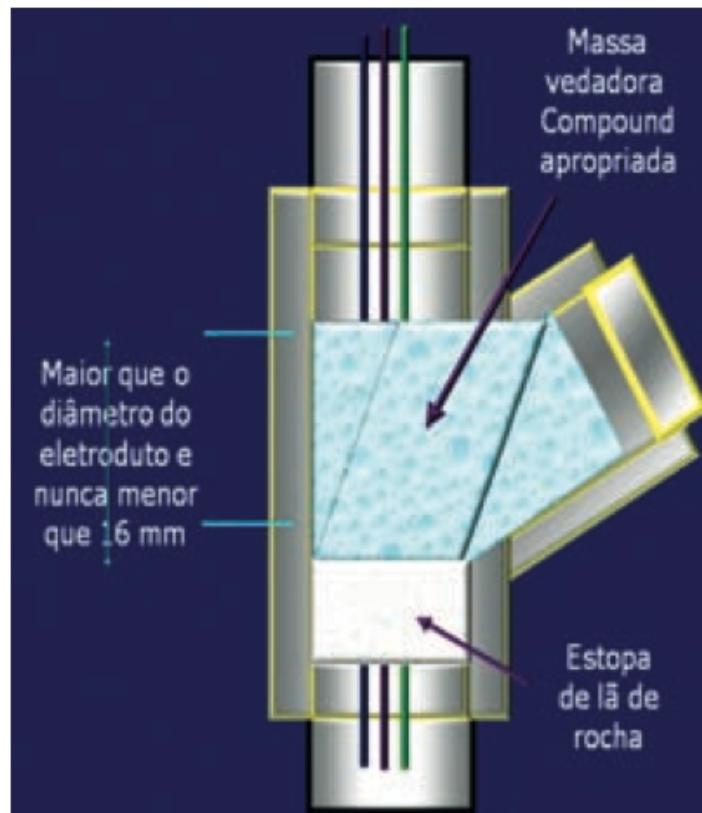


Figura 17 - Exemplo de instalação de uma unidade seladora (BULGARELLI,2010)

Essa unidade seladora tem a função de impedir a propagação de gases ao longo do sistema além de manter a estanqueidade em relação à pressão de explosão que eventualmente possa ocorrer no invólucro. (JORDÃO,2002)

Em casos em que os eletrodutos passam de uma área classificada para outra área não classificada, devem também ser instaladas unidades seladoras na fronteira entre esses ambientes, evitando a migração de gases explosivos para uma área não classificada.(JORDÃO,2002)

A instalação de eletrodutos para equipamentos Ex “d”, portanto, deve seguir dois critérios: o de fronteira e o de invólucro. A figura 18 representa uma montagem típica de invólucros a prova de explosão com eletrodutos.(BULGARELLI,2010)

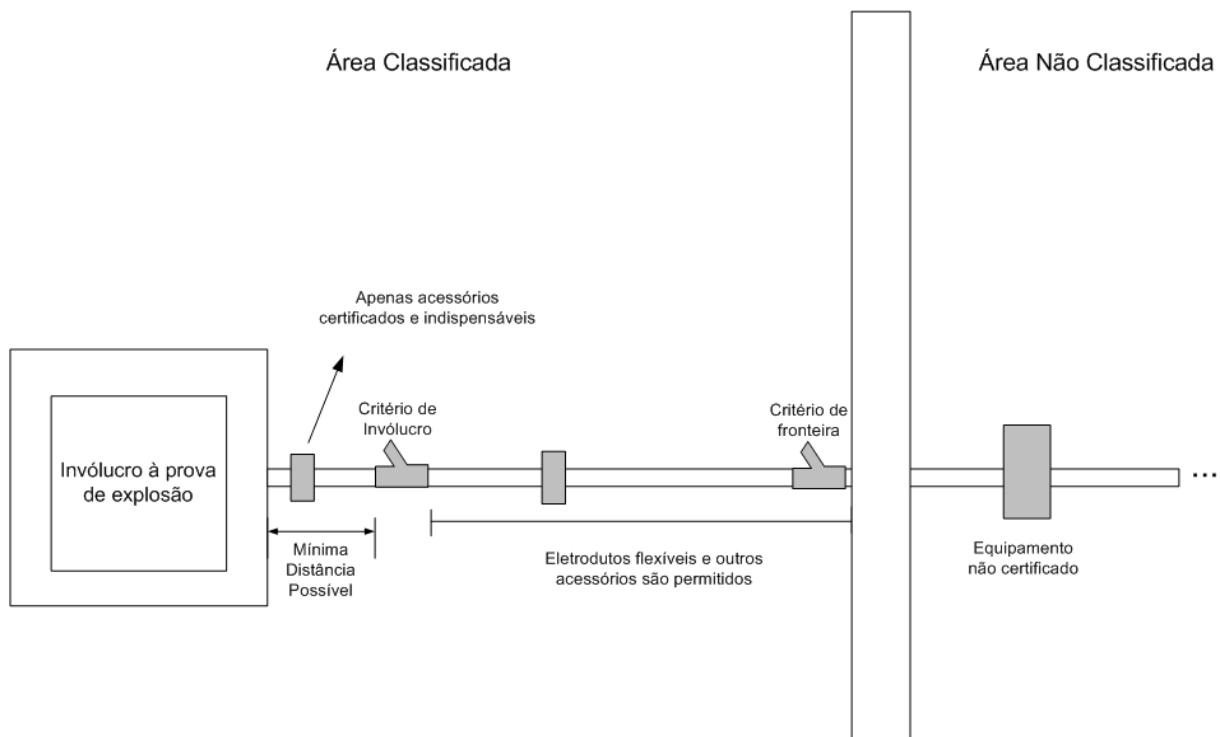


Figura 18 - Exemplo típico de instalação Ex "d"

A instalação ainda pode ocorrer de forma mista, quando um invólucro projetado especificamente para receber eletrodutos, é ligado diretamente em cabos, ou quando um invólucro próprio para entrada direta de cabos é ligado em eletrodutos.(JORDÃO,2002)

7.3. Requisitos adicionais para instalações de equipamentos Ex i

O sucesso de uma instalação de equipamentos intrinsecamente seguros envolve basicamente dois principais procedimentos: a correta seleção de equipamentos e a correta instalação de equipamentos. Sendo esses passos realizados com excelência, a segurança do circuito é garantida.(BORGES,1997)

Para um circuito ser considerado intrinsecamente seguro, ele precisa ser composto por equipamentos desse tipo. Com o advento dos diodos zener e consequentemente circuitos que possibilitessem um maior controle sobre a corrente e tensão de um circuito, permitiu-se certificar isoladamente as partes de um sistema intrinsecamente seguro, proporcionando maior flexibilidade na utilização de equipamentos de diferentes fabricantes e reduzindo custos na certificação de sistemas.(BORGES,1997)

Cada equipamento possui seu próprio certificado e garante a segurança do circuito quando combinado segundo critérios estabelecidos. São os chamados parâmetros de interconexão e baseiam-se nos parâmetros dos equipamentos intrinsecamente seguros e seus equipamentos associados.(BORGES,1997)

A seleção dos equipamentos Ex “i”, portanto, depende – além dos requisitos convencionais de equipamentos para atmosferas explosivas, como classificação de área, temperatura de ignição dos gases – de outros parâmetros de marcação:

U_i – Tensão máxima que pode ser fornecida ao equipamento sem comprometer a segurança intrínseca

I_i – Corrente máxima que pode ser fornecida ao equipamento sem comprometer a segurança intrínseca

P_i – Potência máxima que pode ser fornecida ao equipamento sem comprometer a segurança intrínseca

L_i e C_i – Indutância e capacidade residual vista através dos terminais do equipamento.

(ABNT NBR IEC 60079-11,2009)

As instalações de circuitos intrinsecamente seguros devem ser feitas de tal forma que o circuito não seja afetado por campos elétricos e magnéticos externos. Isso pode ser feito utilizando-se condutores trançados ou com malhas ou mantendo os cabos a uma distância segura das fontes de campo elétrico ou magnético.(ABNT NBR IEC 60079-14,2011)

Equipamentos associados: Para assegurar a validade da proteção de um equipamento intrinsecamente seguro, deve-se limitar a energia que chega à área classificada através de equipamentos associados. Tais equipamentos podem ser barreiras intrínsecas, unidades de isolação galvânica ou qualquer outro equipamento que possa exercer a função de limitador de energia. (BORGES,1997)

A correta seleção de equipamentos associados de um circuito intrinsecamente seguro é crucial para a garantia da segurança de um sistema intrinsecamente seguro.

Os equipamentos associados apresentam os seguintes parâmetros de saída:

U_o – Máxima tensão de circuito aberto;

I_o – Máxima corrente de curto-círcuito;

P_o – Máxima potência que pode ser transferida ao equipamento intrinsecamente seguro;

U_m – Tensão máxima que pode ser aplicada aos terminais não intrinsecamente seguros, para a qual a barreira garantirá a limitação de corrente e tensão nos terminais intrinsecamente seguros.

L_o e C_o – valores máximos de indutância e capacidade que podem ser conectados sem comprometer a segurança intrínseca da instalação.

(ABNT NBR IEC 60079-11,2009)

Seleção de equipamentos: Tendo conhecimento de todos os parâmetros de entrada e saída dos equipamentos intrinsecamente seguros e equipamentos associados, pode-se fazer a análise dos parâmetros de interconexão. A correta seleção dos dois equipamentos é garantida se as seguintes condições forem satisfeitas simultaneamente:

$$U_o \leq U_i$$

$$I_o \leq I_i$$

$$P_o \leq P_i$$

(BORGES,1997)

Cabos: são permitidos apenas cabos isolados, cujos ensaios de tensão do condutor-terra, condutor-malha, e malha-terra sejam de 500 V c.a. ou 750 V c.c.(ABNT NBR IEC 60079-14,2011)

Onde uma malha for exigida, ela deve ser aterrada em um único ponto no condutor de equalização de potencial. .(ABNT NBR IEC 60079-14,2011)

O emprego de cabos multipolares é bastante comum e aceitável pela normalização, desde que interrupções, curtos-circuitos entre condutores e aterramentos tenham sido previstos na seleção dos cabos. (BORGES,1997)

Considerando que cabos são elementos armazenadores de energia, torna-se fundamental o conhecimento dos parâmetros reativos dos mesmos, de forma a se prever a energia que se pode fornecer a uma atmosfera explosiva.

Os parâmetros máximos dos cabos podem ser deduzidos a partir dos valores residuais do equipamento intrínseco e dos valores permitidos para o equipamento associado:

$$L_c(\text{máx}) \leq L_o - L_i$$

$$C_c(\text{máx}) \leq C_o - C_i$$

(BORGES,1997)

O circuito de um sistema intrinsecamente seguro deve ser exclusivo para esta forma de proteção, não sendo permitidos circuitos não intrinsecamente seguros no mesmo feixe de cabos ou na mesma suportação.(ABNT NBR IEC 60079-14)

Em uma mesma bandeja onde passam cabos de circuitos intrinsecamente seguros e cabos de circuitos não intrinsecamente seguros deve-se manter entre eles uma partição isolante ou metálica aterrada.(BORGES,1997)

As figuras 19 e 20 demonstram os possíveis métodos em que podem ser dispostos cabos Ex "i" com cabos não Ex "i".

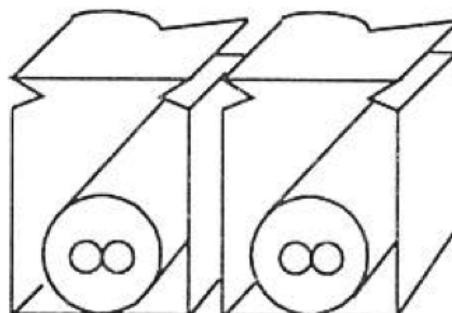


Figura 19 - Cabos de circuitos Ex "i" em bandejamentos separados dos cabos não Ex "i", sendo bandejamentos isolados (BORGES,1997)

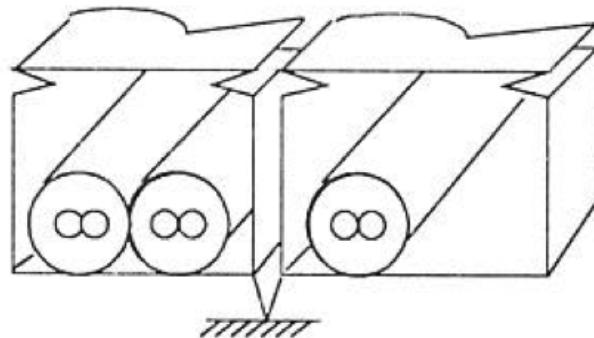


Figura 20 - Cabos de circuitos Ex "i" em bandejamentos separados dos cabos não Ex "i", sendo bandejamentos metálicos (BORGES,1997)

Aterramento: O aterramento em um sistema intrinsecamente seguro tem a função de evitar o surgimento de níveis de tensão considerados inseguros na área

classificada. Os circuitos podem ser tanto isolados da terra, como conectados a um ponto de ligação equipotencial. Para assegurar a inexistência de uma possível diferença de potencial entre os terras da área classificada e o ponto de ligação equipotencial, faz-se o uso de dispositivos de isolação galvânica. Além disso, malhas condutoras e armaduras de cabos também devem ser conectadas ao mesmo ponto equipotencial.(BORGES,1997)

Marcação de Cabos: Deve estar claro nas marcações dos cabos se um circuito é intrinsecamente seguro ou não. Caso esses cabos sejam identificados por cores, deve ser escolhida a cor azul-claro. Se forem utilizados cabos armados em todo o circuito intrinsecamente seguro, a marcação dos cabos não se faz necessária.(ABNT NBR IEC 60079-14,2011)

8. Soluções Desenvolvidas

8.1. Sistema de Detecção e Alarme de Incêndio em Áreas Classificadas

O sistema de detecção e alarme de incêndio tem por finalidade fornecer alarme de princípios de incêndios, destinados à proteção de indivíduos e propriedades, visando à proteção do empreendimento em referência. A Central de Detecção e Alarme de Incêndio é o principal equipamento do sistema de detecção e alarme de incêndio, possuindo como função centralizar todas as informações pertinentes ao sistema de alarme e detecção incêndio, como dos periféricos de campo. Além de apresentar a funcionalidade de um microprocessador central de alarme de incêndio, ela realiza a interface de operacionalização do sistema.

Os dispositivos de campo são interligados através de um laço de detecção saindo da Central de Detecção e Alarme de Incêndio. Tais dispositivos podem ser endereçáveis ou não, dependendo da aplicação. Os dispositivos utilizados na soluções são considerados convencionais, sendo necessário incluir um módulo de endereçamento no laço sempre que forem utilizados.

8.1.1. Equipamentos Utilizados

Esta seção mostrará um breve descritivo dos equipamentos utilizados nas soluções, ressaltando as suas principais características e o critério utilizado para a seleção dos mesmos.

- **Central de incêndio XLS**

A central de incêndio é o cérebro do sistema de detecção de incêndio. É o lugar onde se reúnem todas as informações coletadas pelos dispositivos nos ambientes protegidos e onde é feita a lógica de acionamento de outros dispositivos como sirenes, dumpers, fechaduras de porta, etc. (SIEMENS, 2012)

A central XLS FireFinder transmite ao operador informações sobre o evento por meio de mensagens de texto detalhadas e localização visual do foco do incêndio em uma pequena planta do local com ícones de identificação e recursos touch screen. (SIEMENS, 2012)



Figura 21 - Central de alarme e detecção de Incêndio XLS FireFinder (SIEMENS, 2012)

Principais características:

- Montagem modular
 - Capacidade de até 2500 pontos
 - Capacidade de conexão de até 64 centrais em rede
 - Entrada de energia universal AC– 120/240 VAC , 50/60 Hz
 - Display LCD com iluminação de fundo de 6"
 - Fabricante: Siemens
- (SIEMENS, 2012)

Critério de escolha: A central XLS Firefinder é a utilizada atualmente nas soluções industriais da Siemens.

• **Módulo de Zona Convencional HZM**

Quando são utilizados detectores convencionais em um sistema de detecção de incêndio, utiliza-se um módulo de detecção convencional para o endereçamento desses dispositivos ou de um conjunto deles. (SIEMENS, 2012)

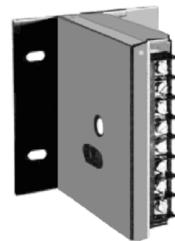


Figura 22 - Módulo de zona convencional HZM (SIEMENS, 2012)

Principais Características:

- Dispositivo endereçável
- Fabricante: Siemens
- Alimentação 24V_{DC}
- Potência 35 Watts
- Preço: R\$ 224,00
(SIEMENS, 2012)

Critério de escolha: Módulo da XLS

• **Módulo HCP**

O HCP é um módulo da XLS utilizado para acionamento de sirenes e qualquer dispositivo que necessita de 24V_{DC} para ser acionado – como por exemplo fechaduras. O HCP ocupa um endereço na linha de detecção e ao ser acionado ele libera o 24V_{DC} para os dispositivos conectados a ele. A entrada de energia é monitorada pelo mesmo HCP, facilitando a detecção de falhas. (SIEMENS, 2012)



Figura 23 - Módulo HCP (SIEMENS, 2012)

Principais Características:

- Dispositivo endereçável
- Alimentação 24V_{DC}
- Potência 35 Watts
- Preço: R\$ 353,00
- Fabricante: Siemens
(SIEMENS, 2012)

Critério de escolha: Módulo da XLS

• **Detector Óptico de fumaça DO1101A-Ex**

O DO1101A-Ex é baseado no princípio de que a fumaça faz a luz mudar de direção. Um LED infravermelho transmite pulsos de luz para a câmara de espalhamento. O elemento de recepção fica localizado fora da incidência direta de luz. Quando a fumaça chega ao detector, a direção dos pulsos de luz é alterada de modo que alguns deles chegam ao receptor. Após três pulsos positivamente avaliados um alarme é transmitido à unidade de controle. (SIEMENS, 2012)



Figura 24 - Detector de fumaça intrinsecamente seguro DO1101A-Ex (SIEMENS, 2012)

Características:

- $R_i = 280 \text{ Ohm}$
 - $U_i = 28V$
 - $I_i = 100\text{mA}$
 - $P_i = 700\text{mW}$
 - $L_i = 1,6\text{mH}$
 - $C_i = 33\text{nF}$
 - Ex ib IIC T4
 - $(-25^{\circ}\text{C} \leq T_a \leq 60^{\circ}\text{C})$
 - Detector convencional não-endereçável
 - Entrada: 24V
 - Certificado INMETRO
 - Fabricante: Siemens
 - Preço: R\$ 710,00
- (SIEMENS, 2012)

Critério de escolha: Por se tratar de um equipamento Siemens, estar certificado pelo INMETRO e ser compatível com a central de incêndio XLS, o DO1101A-Ex se mostra uma ótima alternativa para as instalações de detecção e alarme de incêndio intrinsecamente seguras.

O dispositivo pode ser endereçado através da HZM e seus parâmetros são compatíveis tanto com a MTL4561/5561 como com a SB3 (em conjunto com a DCA1192A).

- **Detector Termovelocimétrico DT1101A-Ex**

Utilizado em ambientes em que possa ocorrer um rápido aumento de temperatura em caso de incêndio, ou naqueles em que há uma ocorrência constante de fumaça, como em estacionamentos e salas de baterias.

O DT1101A-Ex mede a temperatura ambiente com um termistor NTC na ponta do sensor e mede a temperatura dentro da caixa do detector com um outro termistor NTC. Alterações rápidas de temperatura proporcionam uma mudança mais rápida da resistência do termistor externo comparada com a mudança do resistor do termistor interno. Esta discrepância provoca uma certa tensão no circuito do detector, representando um alarme ou não dependendo do valor de temperatura que foi fixado como alarme. (SIEMENS, 2012)



Figura 25 - Detector termovelocimétrico intrinsecamente seguro DT1101A-Ex (SIEMENS, 2012)

Características:

- $R_i = 280 \text{ Ohm}$
 - $U_i = 28V$
 - $I_i = 100mA$
 - $P_i = 700mW$
 - $L_i = 1,6mH$
 - $C_i = 33nF$
 - Ex ib IIC T4
 - $(-25^\circ\text{C} \leq T_a \leq 50^\circ\text{C})$
 - Fabricante: Siemens
 - Preço: R\$ 595,00
- (SIEMENS, 2012)

Critérios de escolha: Mesmos critérios de escolha do DO1101A-Ex.

- **Detector de Chama DF1101A-Ex**

Seu funcionamento é baseado na medição feita por três sensores dentro do equipamento. Um sensor é sensível à presença de dióxido de carbono e os outros dois medem a radiação da chama. Através de processamento fuzzy de sinal, o detector emite ou não o sinal de fogo para a central de alarme. (SIEMENS, 2012)



Figura 26 - Detector de chama intrinsecamente seguro DF1101A-Ex (SIEMENS, 2012)
Principais características:

- $R_i = 280 \text{ Ohm}$
 - $U_i = 28V$
 - $I_i = 100mA$
 - $P_i = 700mW$
 - $L_i = 1,6mH$
 - $C_i = 33nF$
 - Ex ib IIC T4
 - $(-25^\circ\text{C} \leq T_a \leq 70^\circ\text{C})$
 - Fabricante: Siemens
 - Preço: R\$ 3800,00
- (SIEMENS, 2012)

Critério de escolha: Mesmos critérios de escolha do DO1101A-Ex

- **Acionador Manual DM1103 e BG**

Pressionando o centro do acionador manual, o vidro é quebrado e o interruptor é ativado. O sinal de perigo é transmitido imediatamente via 2 fios de detecção até a central de controle.

Os acionadores manuais DM1103 utilizados na solução são classificados como dispositivos simples e estão de acordo com a norma de equipamentos intrínsecos, não necessitando de certificação.

Principais características:

- DM1103



Figura 27 - Acionador manual DM1103 Ex 'i' (SIEMENS, 2012)

- Ex ib IIC T4
- Dispositivos simples
- Parâmetros compatíveis com SB3 e MTLX561
- Não contém fontes de energia nem armazenamento de energia interno
- IP66
- Fabricante: Siemens
- Preço: R\$ 337,00
(SIEMENS, 2012)

- BG



Figura 28 - Acionador manual Ex 'd' (COOPER MEDC, 2012)

- Ex 'd' IIC T4
- IP66
- $(-20^{\circ}\text{C} \leq T_{\text{amb}} \leq 50^{\circ}\text{C})$

- Certificado INMETRO
 - Fabricante: Cooper MEDC
 - Preço: R\$ 500,00
- (COOPER MEDC, 2012)

Critério de escolha:

Por ser um equipamento simples da Siemens e ser compatível com os equipamentos associados escolhidos, selecionou-se o DM1103 como opção para sistemas intrinsecamente seguros.

Para um sistema à prova de explosão selecionou-se o BG devido ao histórico de utilização e compatibilidade dos equipamentos da Cooper MEDC nas soluções da Siemens.

• **Sirenes/Flashes**

Emitem um sinal audiovisual ao receberem o sinal de alarme da central.

Critério de escolha:

Pelo histórico de compatibilidade e utilização dos equipamentos sonoros visuais, selecionou-se as sirenes e flashes a partir daqueles disponíveis da MEDC.

As tabelas 13 e 14 mostram um comparativo das sirenes e flashes reaçalhando as suas principais características.

Tabela 14 - Comparativo de sirenes Cooper MEDC

Sirenes				
	Classificação	Zonas	Consumo mA	Potência dB(A)
DB3	Ex d IIC T4/T5	1 e 2	50	93
			100	105
			150	108
			200	111
			250	112
			300	114
			350	115
DB3V	Ex de IIC T4/T5	1 e 2	600mA	110 (dependendo da mensagem)
DB1	Ex de IIC T4/T5	1 e 2	250mA	103±3
DB5	Ex ia IIC T4	0,1 e 2	14 mA max. nominal	100± 3

Tabela 15 - Comparativo de flashes Cooper MEDC

Flashes					
	Classificação	Zonas	Consumo	Intensidade Efetiva	Potência
XB4	Ex de IIC T5	1 e 2	1400mA	355cd	21 joules
SM87HXB	Exd IICT4/T5/T6	1 e 2	393mA	29cd	5 joules
XB8	Exia IIB/IIC T4.	0,1 e 2	71mA	29cd	0,5 Joules
XB9	Ex d IIC T5/T6	1 e 2	320mA	29cd	10 joules
XB10	Exd(e) IIB T4	1 e 2	700mA	285cd	10 joules
XB11	ExdIIBT4,T5&T6	1 e 2	320mA	29cd	5 joules
XB12	Ex d IIB T4/T5/T6	1 e 2	1400mA	355cd	21 joules
Xb15	Exd IIC, T4/T5/T6	1 e 2	990mA	330cd	15 Joules

Sem levar em conta as particularidades e especialidades de cada equipamento, escolheram-se aquelas sirenes/flashes com maior intensidade de luz/volume com o menor consumo de corrente possível.

Sendo assim, selecionaram-se duas opções, uma Sirene/Flash à prova de explosão (DB3 / XB11) e uma intrinsecamente segura (DB5 / XB8).



Figura 29 - Avisador audiovisual Ex 'd' DB3/XB11 (COOPER MEDC, 2012)



Figura 30 - Avisador visual XB8 (COOPER MEDC, 2012)



Figura 31 - Avisador sonoro Ex 'i' DB5 (COOPER MEDC, 2012)

- **Interfaces Isoladoras MTL4561/5561**

São designadas para restringir a transferência de energia de um circuito sem especificações em área segura para um circuito intrinsecamente seguro em área classificada por meio de limitação de tensão e corrente. Dois transformadores providenciam a isolação galvânica entre os circuitos em área classificada e os circuitos em área não classificada.



Figura 32 – Interfaces isolados MTLX561 (COOPER MTL, 2012)

- $U_o=28V$
 - $I_o= 93mA$
 - $P_o=650mW$
 - $L_i=4,2mH / 12,6$ (IIC / IIB)
 - $C_i=0,083\mu F / 0,65\mu F$ (IIC / IIB)
 - Ex ia IIA/IIB/IIC
 - $T_{amb} = -20^{\circ}C$ a $+60^{\circ}C$
 - Fabricante: Cooper MTL
 - Preço: R\$ 2100,00
- (COOPER MTL, 2012)

Critério de escolha:

A MTL é fortemente reconhecida pela qualidade de seus produtos para a segurança intrínseca. Por se tratar de um dispositivo limitante de corrente juntamente com uma isolação galvânica, o MTLX561 se mostrou como uma alternativa para a solução atualmente usada do SB3 com o DCA1192A. Uma análise comparativa é feita na seção 5.5 deste trabalho.

- **Detector de fumaça por aspiração (VLX-100)**

Trata-se de um detector de fumaça Ex d que funciona de forma diferente daqueles ópticos. Ele aspira o ar a ser analisado de forma contínua. Uma vez dentro do detector, a amostra de ar é filtrada para remover possíveis poeiras e sujeiras antes de chegar à câmara de detecção a laser. Qualquer fumaça presente na amostra de ar desvia o sentido do laser, representando a presença de fumaça no ambiente.

O detector funciona extraíndo o ar de uma zona protegida por meio de uma rede de tubos. O ar amostrado é extraído e exausto através supressores de chama que impedem qualquer chama de entrar na rede de tubulação de amostragem. No caso de ignição de gases inflamáveis pelo detector, a explosão resultante é contida dentro do invólucro Ex "d".



Figura 33 - Detector de fumaça por aspiração Ex 'd' (XTRALIS,2012)

Principais características:

- Ex d IIB T6
- $T_{amb} = -10^{\circ} C$ a $39^{\circ} C$
- Zona 1 e 2
- IP66
- Até 50m de tubo de detecção
- Cobre ambientes de até 500m²
- Fabricante: Xtralis
- Preço: R\$ 11.000,00

(XTRALIS, 2012)

Critério de escolha:

Os detectores por aspiração VESDA já são usados atualmente em soluções para áreas não classificadas e se mostram bastante funcionais com a central de incêndio XLS.

- **Barreira Intrínseca SB3**

A barreira intrínseca tem como objetivo a limitação da corrente e tensão que chega no equipamento na área classificada. Trata-se de dispositivos que empregam poucos componentes e operam em baixa potência. Na eventualidade de uma elevação de tensão nos terminais não intrinsecamente seguros, a tensão é limitada por um conjunto de diodos zener dimensionados para serem considerados infalíveis.



Figura 34 - Barreira intrínseca SB3 (SIEMENS, 2012)

Principais características:

- $U_o=28V$
 - $I_o= 100mA$
 - $P_o=700mW$
 - $L_i=1,2$
 - $C_i=0,083\mu F$
 - Ex ia IIB/IIC
 - Utilizada em conjunto com o DCA1192
 - Fabricante: Siemens
 - Preço: R\$340,00
- (SIEMENS, 2012)

Critério de escolha: Possuindo parâmetros de saída compatíveis com aqueles de entrada dos dispositivos Ex 'i' utilizados em campo e sendo uma barreira intrínseca da própria Siemens, selecionou-se a SB3 como alternativa de equipamento associado para sistemas intrinsecamente seguros.

- **Módulo I/O DC1192**

Em alguns casos, podem ocorrer consideráveis diferenças de potencial entre pontos de aterramento diferentes, impactando em um mal funcionamento dos equipamentos. Ao

utilizar o DC1192, é produzida uma isolação elétrica entre a barreira intrínseca (SB3 no caso) e o sistema de detecção de incêndio. (SIEMENS, 2012)



Figura 35 - Módulo isolador DCA1192A (SIEMENS, 2012)

Principais características:

- Tensão de entrada: 18V_{DC} – 22V_{DC}
- Corrente de operação: 5mA
- Isolação galvânica
- Utilizado juntamente com a SB3
- Fabricante: Siemens
- Preço: R\$540,00

Critério de escolha: Equipamento de isolação galvânica recomendado pelo fabricante para ser utilizado juntamente com o SB3

8.1.2. Soluções Obtidas

Nessa seção serão mostradas as soluções obtidas de sistemas de detecção e alarme de incêndio, assim como uma análise comparativa delas.

Todas as soluções fazem uso de eletrodutos para a interligação dos equipamentos, não sendo considerados os preços de unidades seladoras e possíveis conectores.

Os desenhos representam apenas um esquemático de interligação dos equipamentos, não representando, portanto, um real diagrama de ligação dos mesmos.

Para efeito de comparação, foi considerado que um detector por aspiração VESDA VLX-100 equivale a 7 detectores de fumaça pontuais. Essa comparação é baseada na ABNT NBR 17240 , que estabelece que um detector pontual de fumaça deve proteger uma área de no máximo 81m².

Ainda na figura 40 é mostrado como ficariam dispostos os módulos em caixas elétricas localizadas nas áreas não classificadas.

Solução 1

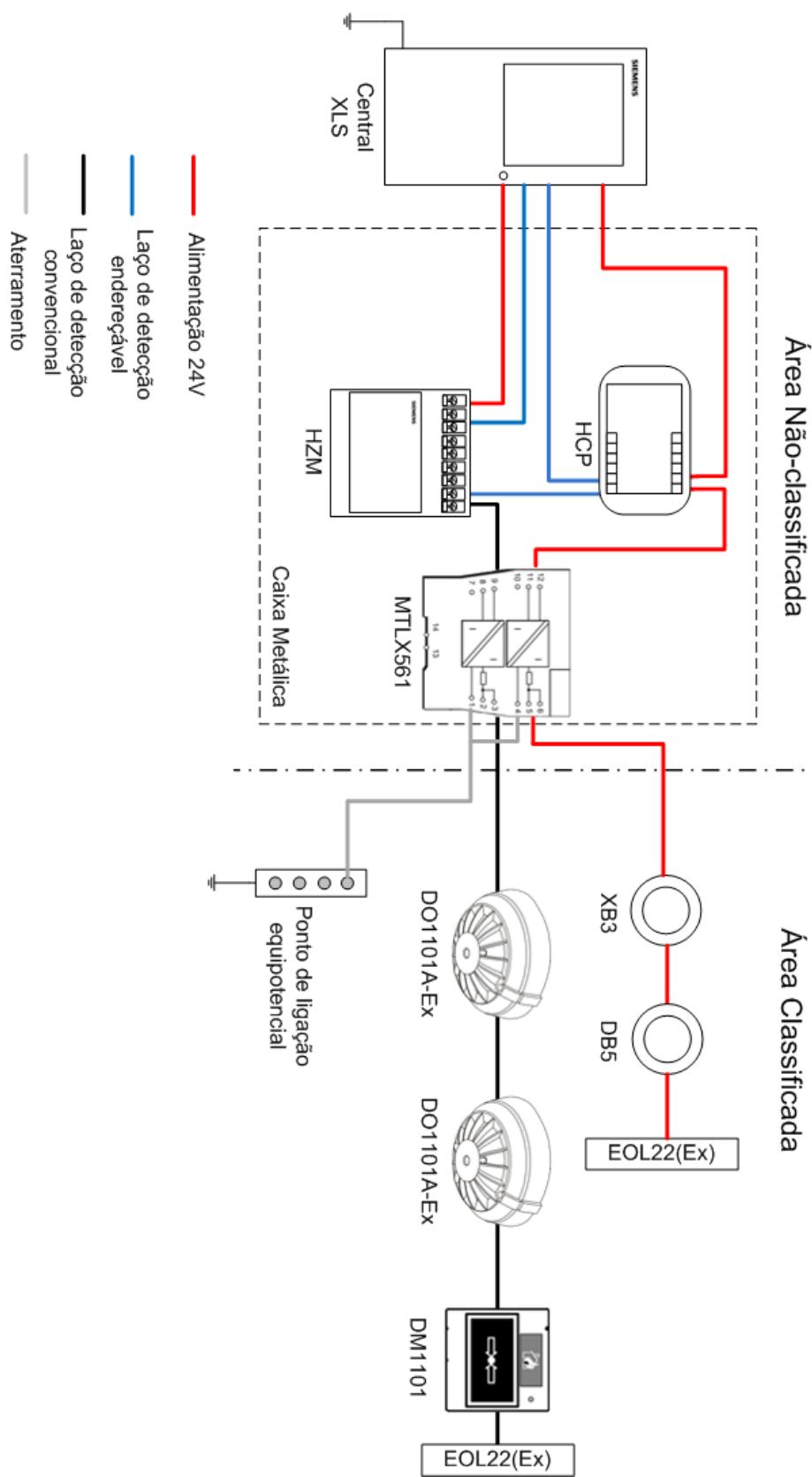


Figura 36 - Solução SDAI nº 1 (Os autores, 2012)

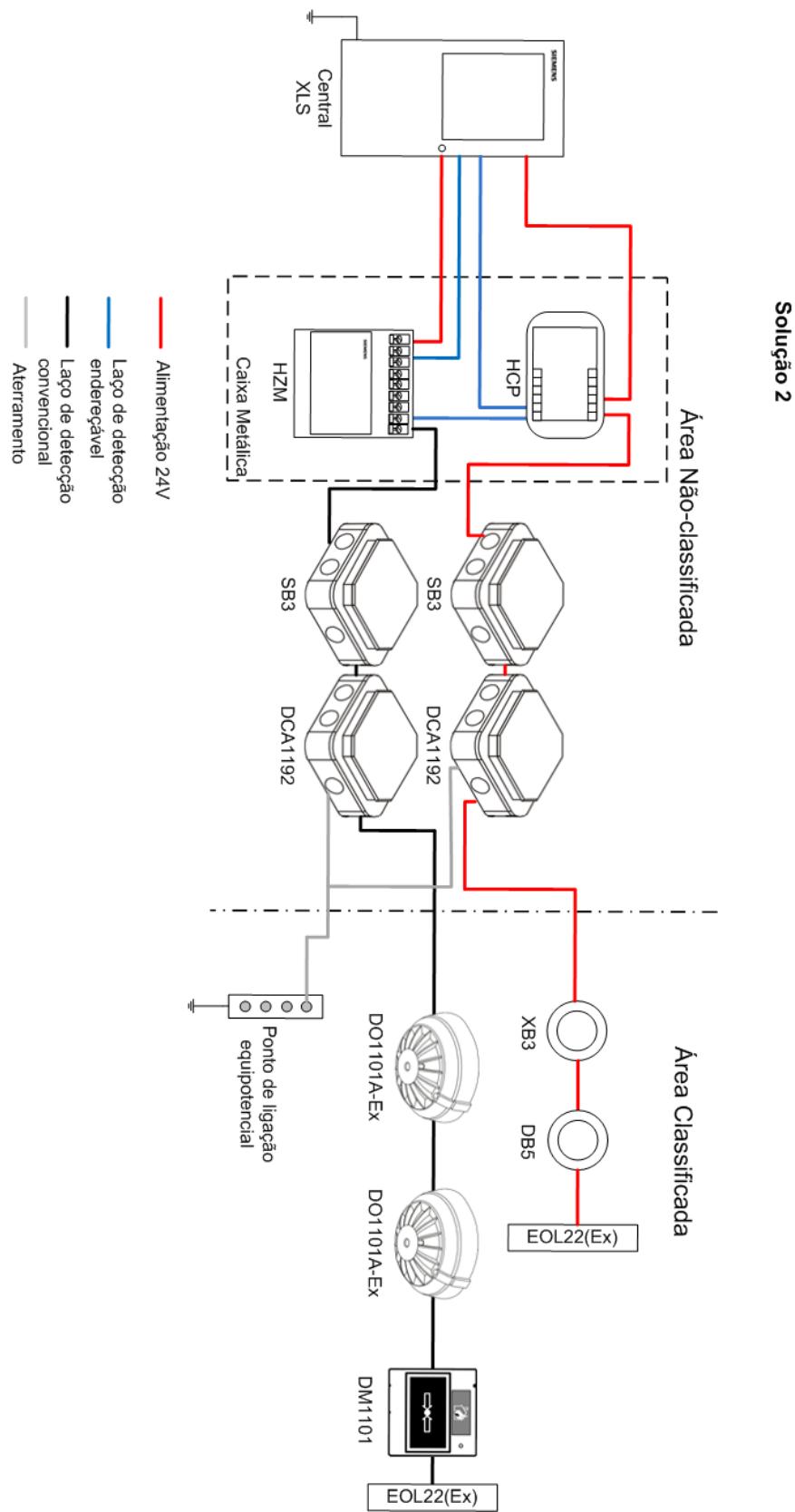


Figura 37 - Solução SDAI nº 2 (Os autores, 2012)

Solução 3

Área Não-classificada

Área Classificada

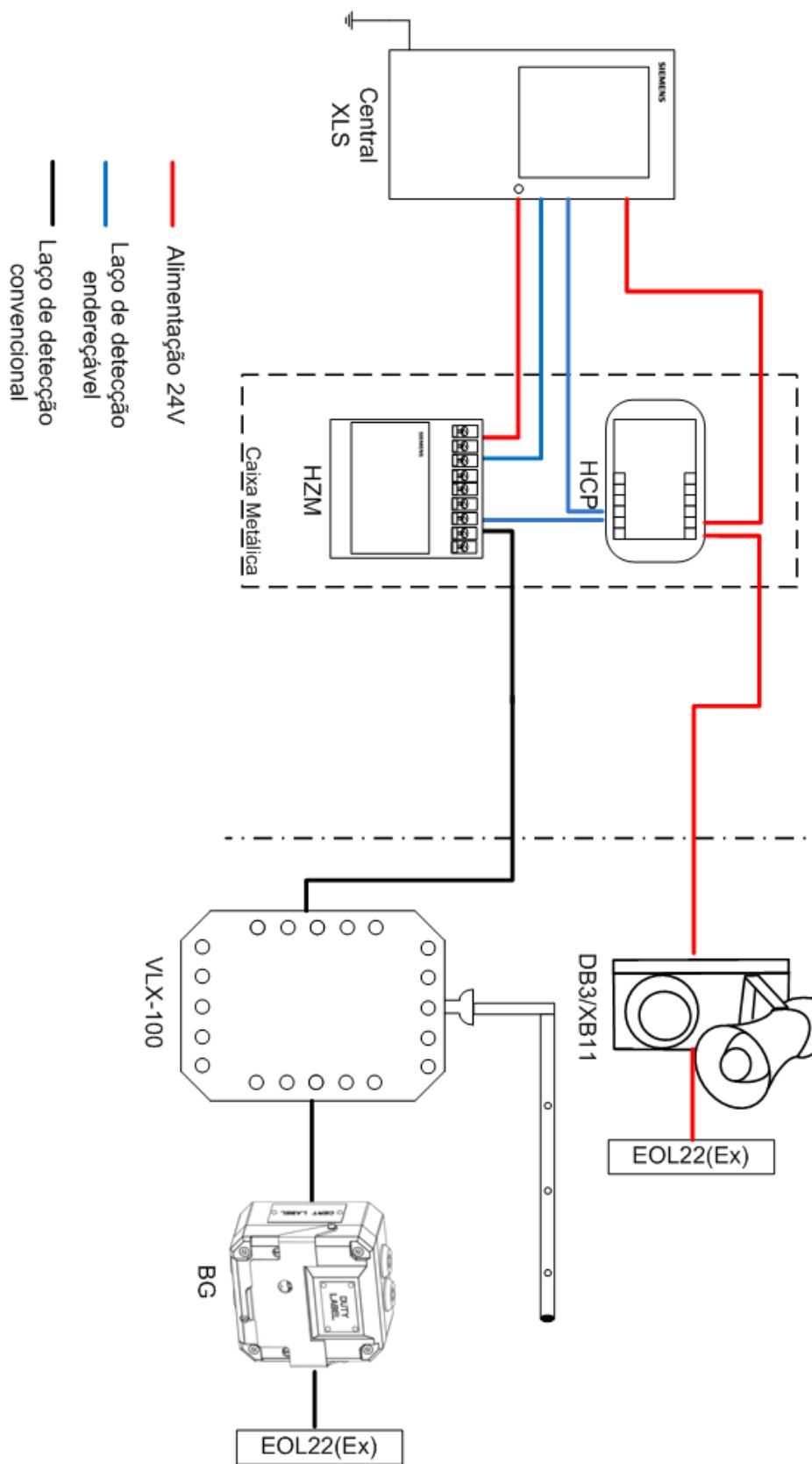


Figura 38 - Solução SDAI nº 3 (Os autores, 2012)

Solução 4

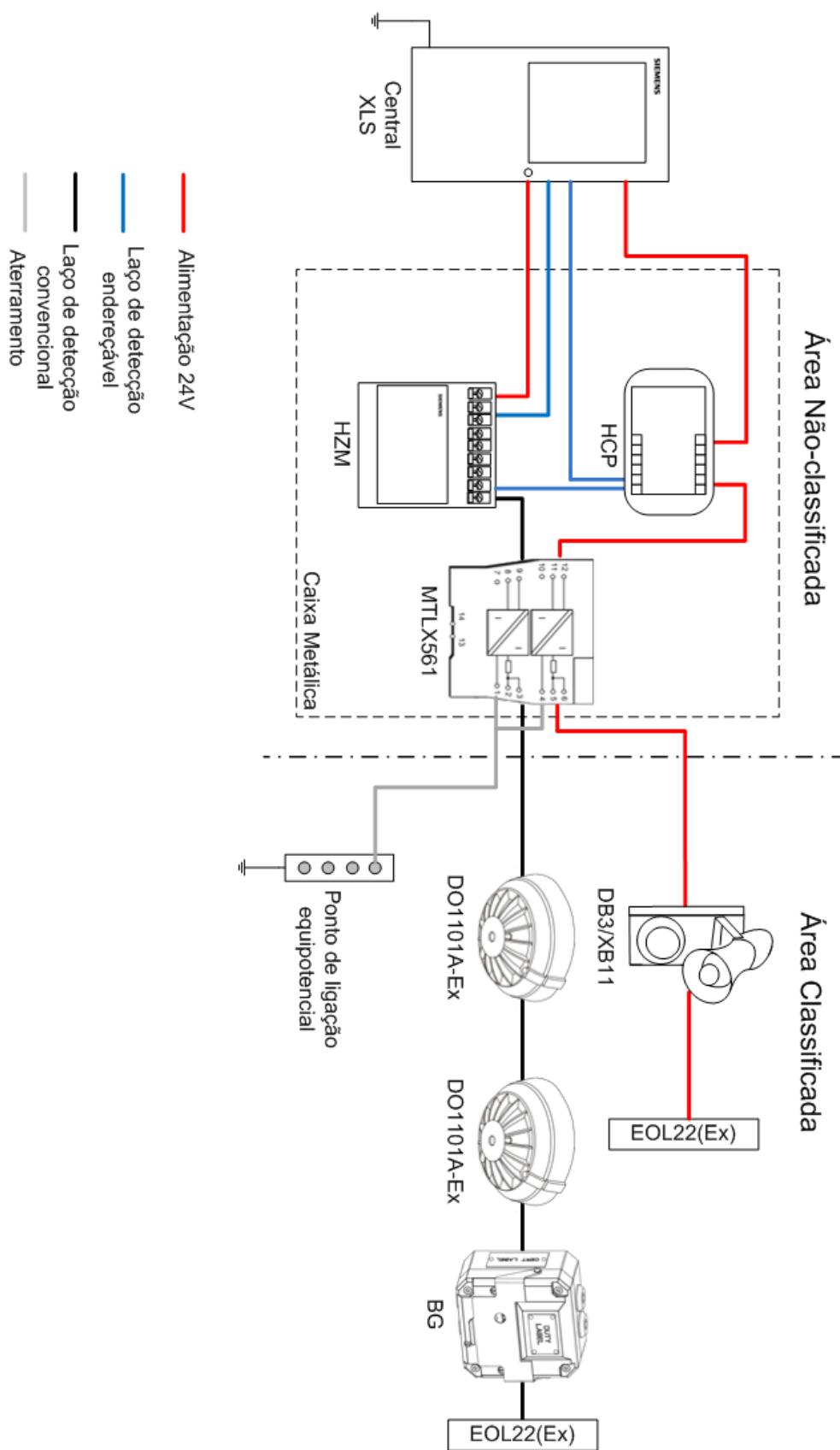


Figura 39 - Solução SDAI n° 4 (Os autores, 2012)

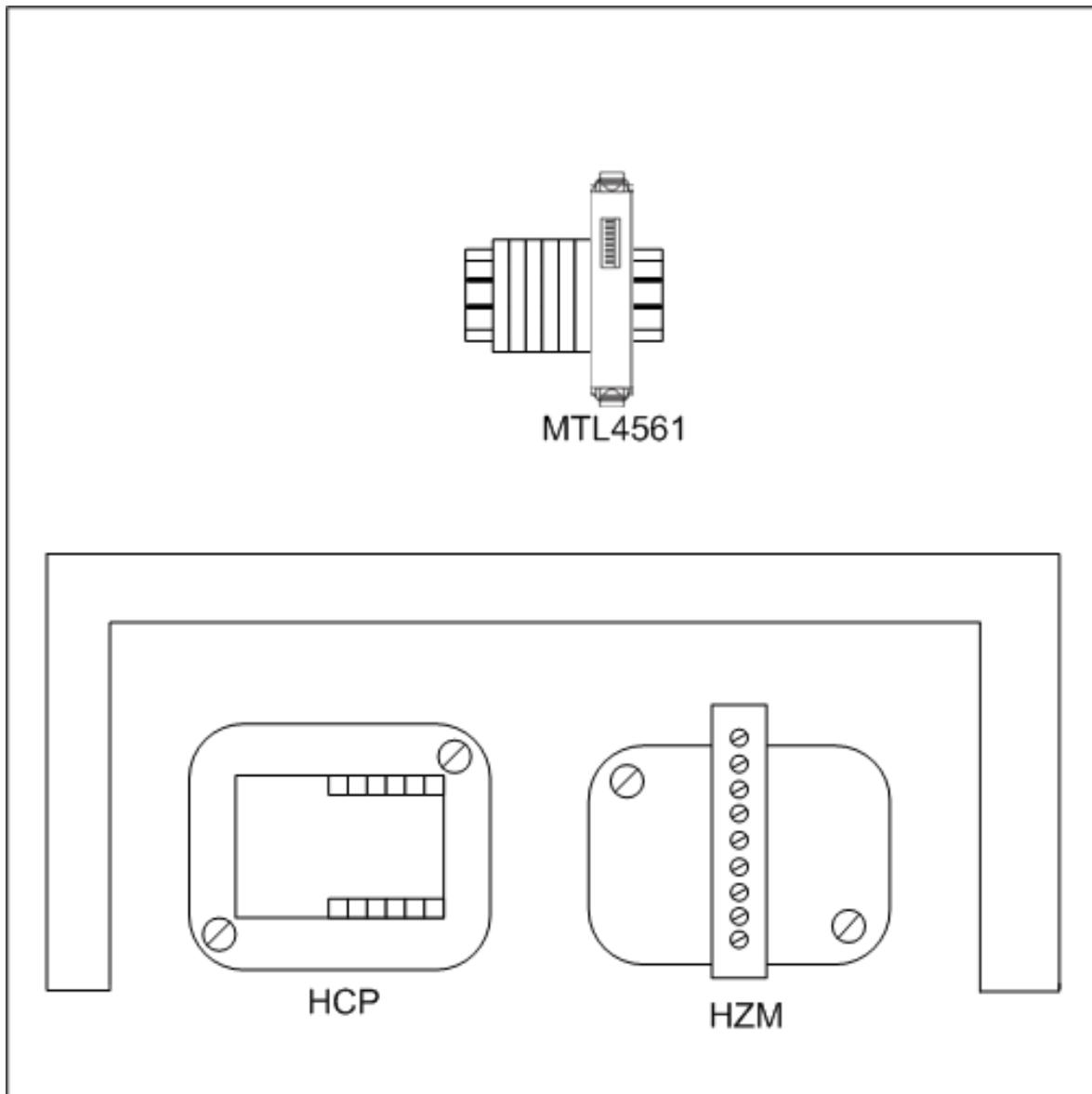


Figura 40 - Disposição em uma caixa 400x400 dos equipamentos em área não-classificada na solução 1
(Os autores, 2012)

As tabelas 16, 17, 18 e 19 mostram listas de materiais de cada solução com seus respectivos preços e quantidades de cada equipamento.

Tabela 16 - Lista de equipamentos solução 1

Descrição	Fabricante	Modelo	Preço	QTDE	Total
Central XLS	Siemens	XLS-250-ID-SP	R\$ 8.000,00	1	R\$ 8.000,00
Módulo HZM	Siemens	HZM	R\$ 224,00	1	R\$ 224,00
Módulo HCP	Siemens	HCP	R\$ 353,00	1	R\$ 353,00

Detector de Fumaça Ex 'i'	Siemens	DO1101A-Ex	R\$ 710,00	7	R\$ 4.970,00
Módulo MTLX561	MTL	MTLX561	R\$ 2.100,00	1	R\$ 2.100,00
Acionador Manual Ex 'i'	Siemens	DM1103	R\$ 337,00	1	R\$ 337,00
Flash XB8 Ex 'i'	Cooper MEDC	MTLX561	R\$ 1.354,08	1	R\$ 1.354,08
Sirene DB5 Ex 'i'	Siemens	DB5	R\$ 1.079,52	1	R\$ 1.079,52
TOTAL					R\$ 18.417,60

Tabela 17 - Lista de equipamentos solução 2

Descrição	Fabricante	Modelo	Preço	QTDE	TOTAL
Central XLS	Siemens	XLS-250-ID-SP	R\$ 8.000,00	1	R\$ 8.000,00
Módulo HZM	Siemens	HZM	R\$ 224,00	1	R\$ 224,00
Módulo HCP	Siemens	HCP	R\$ 353,00	1	R\$ 353,00
Detector de Fumaça Ex 'i'	Siemens	DO1101A-Ex	R\$ 710,00	7	R\$ 4.970,00
Módulo DCA1192A	Siemens	DCA1192A	R\$ 540,00	2	R\$ 1.080,00
Barreira Intrínseca SB3	Siemens	SB3	R\$ 340,00	2	R\$ 680,00
Acionador Manual Ex 'i'	Siemens	DM1103	R\$ 337,00	1	R\$ 337,00
Flash XB8 Ex 'i'	Cooper MEDC	MTLX561	R\$ 1.354,08	1	R\$ 1.354,08
Sirene DB5 Ex 'i'	Siemens	DB5	R\$ 1.079,52	1	R\$ 1.079,52
TOTAL					R\$ 18.077,60

Tabela 18 - Lista de equipamentos solução 3

Descrição	Fabricante	Modelo	Preço	QTDE	TOTAL
Central XLS	Siemens	XLS	XLS-250-ID-SP	1	R\$ 8.000,00
Módulo HZM	Siemens	HZM	R\$ 224,00	1	R\$ 224,00
Módulo HCP	Siemens	HCP	R\$ 353,00	1	R\$ 353,00

Sirene + Flash DB3/XB11	Cooper MEDC	DB3/XB11	R\$ 2.145,00	1	R\$ 2.145,00
Vesda Ex 'd'	Xtrallis	VLX-100	R\$ 11.000,00	1	R\$ 11.000,00
Acionador Manual Ex 'd'	Cooper MEDC	BG	R\$ 500,00	1	R\$ 500,00
TOTAL					R\$ 22.222,00

Tabela 19 - Lista de equipamentos solução 4

Descrição	Fabricante	Modelo	Preço	QTDE	Total
Central XLS	Siemens	XLS-250-ID-SP	R\$ 8.000,00	1	R\$ 8.000,00
Módulo HZM	Siemens	HZM	R\$ 224,00	1	R\$ 224,00
Módulo HCP	Siemens	HCP	R\$ 353,00	1	R\$ 353,00
Detector de Fumaça Ex 'i'	Siemens	DO1101A-Ex	R\$ 710,00	7	R\$ 4.970,00
Acionador Manual Ex 'd'	Cooper MEDC	BG	R\$ 500,00	1	R\$ 500,00
Módulo MTLX561	MTL	MTLX561	R\$ 2.100,00	1	R\$ 2.100,00
Sirene + Flash DB3/XB11	Cooper MEDC	DB3/XB11	R\$ 2.145,00	1	R\$ 2.145,00
TOTAL					R\$ 18.292,00

8.1.3. Análise de Soluções SDAI

Antes de qualquer análise das soluções é necessário ressaltar que o uso de sistemas intrinsecamente seguros é fortemente recomendado sempre que existirem equipamentos disponíveis no mercado para a aplicação desejada. Instalações ex “i” são mais simples, leves e com menores níveis de dificuldades para montagem, manutenção e reparos.

No caso de sistemas de detecção e alarme de incêndio, por causa da utilização preponderante de baixa potência, está disponível no mercado uma vasta gama de opções intrinsecamente seguras que podem ser usadas, possibilitando inclusive, o uso exclusivo de equipamentos Ex “i”.

Podemos ter como exemplo disso as soluções 1 e 2. Ambas são viáveis uma vez que os parâmetros dos dispositivos associados são compatíveis com aqueles dos equipamentos de campo. Apesar disso, pode-se destacar alguns aspectos importantes que são decisivos na escolha da solução mais adequada.

Um desses aspectos é a quantidade de equipamentos utilizados nas duas soluções. Quanto menos equipamentos utilizados, menores são as possibilidades de falhas e erros de instalação. Pelo fato do MTLX561 fazer a isolação galvânica e ao mesmo tempo limitar a energia que chega na área classificada, seu uso dispensa a utilização de um dispositivo adicional, como acontece utilizando-se a barreira intrínseca SB3.

Outro aspecto fundamental que se deve considerar na comparação dessas duas soluções é o fato de o SB3 e o DCA1192 não possuírem o certificado de conformidade do INMETRO, o que não acontece com o módulo da MTL. O MTLX561 ainda tem a vantagem de possuir dois canais de alimentação contra apenas um da SB3.

Quanto aos preços, as duas soluções se mostraram competitivas e equivalentes, uma vez a diferença não passou de R\$ 400,00, sendo a solução 1 a mais cara.

Ainda vale ressaltar que nem todos os equipamentos das soluções 1 e 2 são certificados. O sinalizador visual XB8, apesar de possuir certificação IECEEx, ainda não possui certificação INMETRO e não pode, por enquanto, fazer parte das soluções em questão.

A figura 40 ainda mostra um diagrama em escala de como ficariam dispostos os equipamentos da solução 1 na área não classificada. Nela é possível observar que o MTLX561 poderia se encaixar nos trilhos junto com os bornes, não necessitando utilizar uma caixa maior. A utilização do DCA1192A – como na solução 2 – impossibilitaria o uso da mesma caixa, aumentando também o custo da solução.

Apesar da forte recomendação em se utilizar equipamentos Ex “i” sempre que possível, os equipamentos à prova de explosão ainda são os mais utilizados. Devido a grande influência norte-americana na década de 50, a maioria das instalações elétricas em atmosferas explosivas acabaram sendo protegidas por invólucros à prova de explosão e consequentemente os fabricantes e empresas projetistas mais tradicionais acabaram se influenciando com isso e trazendo esse conceito até os dias atuais. (BULGARELLI,2010)

Sendo assim, apesar de ser considerada uma tecnologia em declínio, equipamentos Ex “d” ainda devem ser considerados em projetos visto a grande variedade de opções disponível no mercado e a frequência com que projetistas os consideram em seus projetos.

Outra justificativa para o uso de equipamentos à prova de explosão é o uso em atmosferas explosivas externas. Tais instalações ficam expostas a intempéries e descargas atmosféricas, tornando equipamentos Ex “d” mais adequados para tais situações, uma vez que normalmente possuem um alto índice de proteção.

A solução 3 mostra uma opção composta exclusivamente de equipamentos Ex “d”. Devido ao seu princípio de funcionamento, não existem detectores de fumaça pontuais à prova de explosão, sendo usado portanto, detectores de fumaça por aspiração. Por serem mais sensíveis, tais detectores são geralmente utilizados em ambientes que possuem altas taxas de troca de ar. Apesar de serem considerados superiores em termos de detecção, detectores por aspiração são menos utilizados devido ao alto custo e ao fato de não ser possível endereçar individualmente os pontos de detecção.

Devido ao alto custo do VLX-100, a solução Ex ‘d’ exclusiva foi a de maior custo encontrada. O seu valor (R\$ 22.222,00) ultrapassou quase mais de 4 mil reais as outras. Essa diferença pode ser crucial quando há uma concorrência por preços, mas não deve ser descartada uma vez que certas situações exigem a sua aplicação.

A solução 4 mostra uma alternativa utilizando um sistema híbrido de Ex ‘i’ e ‘d’. Desde que os equipamentos estejam de acordo com a área em que estão sendo instalados, tais soluções são permitidas e podem ser utilizadas como alternativa em situações em que não há equipamentos disponíveis no mercado, ou alguma particularidade do sistema que impeça a utilização de uma solução apenas com equipamentos Ex ‘i’ ou Ex ‘d’.

É importante ressaltar que os preços aqui analisados levam em conta apenas o valor dos equipamentos, não sendo considerados gastos com infraestrutura de instalação nem serviços de montagem e instalação dos sistemas, o que poderia revelar uma diferença ainda maior de preço entre os sistemas Ex ‘i’ e Ex ‘d’.

Para efeito de comparação, os detectores de temperatura e chama não foram considerados nas soluções mas podem substituir aqueles de fumaça nas soluções 1, 2 e 4 sem que haja perda de funcionalidade.

8.2. Sistema de CFTV em Áreas Classificadas

O Circuito Fechado de Televisão (CFTV) é um sistema que utiliza imagens de vídeo para monitoramento remoto. Podemos utilizar o CFTV em diversos locais, como bancos, indústrias, aeroportos, presídios, estradas, etc. Hoje o CFTV é sinônimo de conforto e segurança para quem o utiliza, pois permite ao operador a visualização de imagens em tempo real, não sendo mais necessário estar no local para saber o que acontece nele. Deste modo, nossos olhos podem estar em muitos lugares ao mesmo tempo (SIEMENS, TREINAMENTO CFTV MÓDULO 1, 2008).

A maioria das aplicações do CFTV está voltada para o monitoramento de áreas de circulação, a fim de garantir a segurança patrimonial e a identificação de pessoas não autorizadas. Porém, o CFTV vem sendo utilizado também para outras finalidades, como em estradas onde as câmeras são posicionadas para monitorar o fluxo de veículos e situações de emergência, em indústrias para observar processos e máquinas, podendo ser utilizada inclusive para automação e controle de processos (SIEMENS, TREINAMENTO CFTV MÓDULO 1, 2008).

Em áreas classificadas, o CFTV é aplicado principalmente para identificação de pessoas não autorizadas e para a visualização de processos industriais, uma vez que temos áreas classificadas principalmente em indústrias de petróleo e químicas.

A solução de CFTV desenvolvida neste trabalho é composta basicamente por dois itens, a câmera e o invólucro a prova de explosão. A figura abaixo ilustra uma instalação do sistema em área classificada.

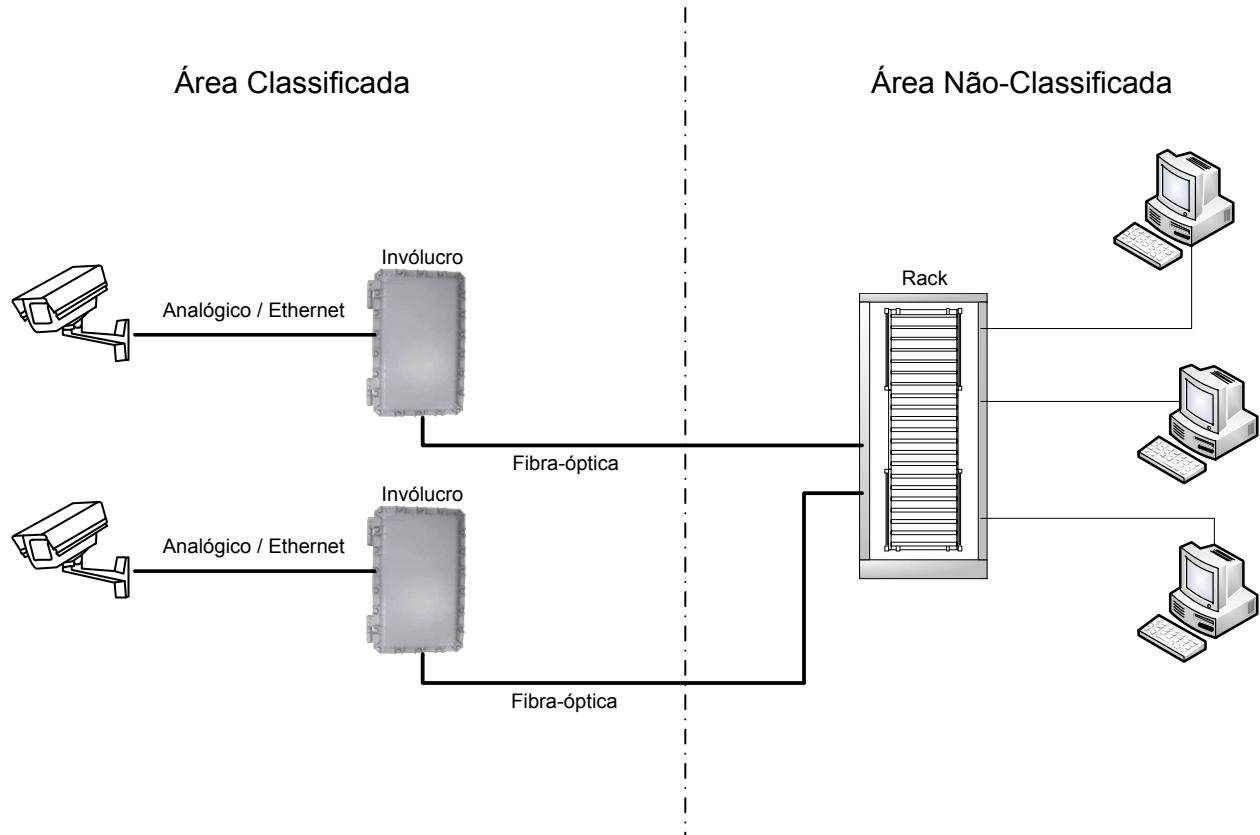


Figura 41 - Estrutura básica para soluções de CFTV em áreas classificadas (Os autores, 2012)

De forma simplificada, os equipamentos instalados internamente ao invólucro apresentam as funções de fornecer alimentação correta para a câmera e fazer conversão de sinais de vídeo e dados.

Devido aos diferentes modelos e configurações de câmeras existentes no mercado, é necessário que a arquitetura dos equipamentos internos ao invólucro seja capaz de atender a maior quantidade possível de câmeras.

Apesar do invólucro vazio (sem nenhum componente interno instalado) já ser certificado, precisa-se fazer a certificação com a montagem interna dos equipamentos. Esta certificação deve ser realizada por algum Organismo de Certificação de Produtos (CERTUSP, I EX, CEPEL, NCC). Abaixo, segue uma breve descrição deste procedimento:

- 1) É necessário adquirir um invólucro a prova de explosão com tipo de marcação “U”, ou seja, o fabricante já realizou a maioria dos ensaios com o invólucro vazio,

sendo necessário apenas complementar a certificação com alguns ensaios, quando os equipamentos estiverem instalados internamente;

- 2) Informar o Organismo de Certificação de Produtos quais componentes serão instalados dentro da caixa, de modo a listar todos os tipos de equipamentos com uma variação de marcas e modelos, bem como indicar tensões de alimentação, potência consumida, dimensões e outras informações que forem necessárias.
- 3) Definir qual o pior caso, ou seja, a montagem com maior quantidade de equipamentos, utilizando os modelos que possuam a maior dimensão e que dissipem mais potência.
- 4) Fazer a montagem e instalação dos equipamentos dentro da caixa considerando o pior caso.
- 5) Após a caixa montada, o Organismo de Certificação de Produtos enviará a caixa para algum laboratório (CEPEL/Labex e USP/IEE), a fim de que este realize os ensaios necessários para complementar a certificação do produto. Pode-se citar como exemplo o ensaio para definir a classe de temperatura (T1, T2, T3, T4, T5 e T6) do equipamento como um todo.

Cabe observar que se algum equipamento selecionado sair de linha e for substituído por outro que não apresenta condições piores (como dissipar mais potência ou apresentar uma dimensão maior) em relação às estipuladas no pior caso, esse poderá ser utilizado sem a invalidação do certificado.

Se o invólucro adquirido já tiver sido ensaiado para definição do seu grau de proteção (IP66, por exemplo), não há necessidade de realizar um novo ensaio para essa marcação. Caso contrário, este ensaio também deverá ser realizado em laboratório para completar a certificação.

O desafio encontrado no processo de desenvolvimento da solução CFTV, foi devido ao fato de existirem vários tipos de câmeras (móveis ou fixas, analógicas ou IP, câmeras térmicas, etc.), os quais possuem diferentes tipos de alimentação elétrica e protocolos de comunicação variados. Em virtude disso e também do custo e tempo elevados para a certificação do equipamento, foi desenvolvido um invólucro modular, onde é possível variar a arquitetura interna com uma grande quantidade de opções de equipamentos.

Através desta solução, é possível atender diversos projetos de CFTV em atmosferas explosivas.

Abaixo, encontra-se uma breve descrição de cada equipamento envolvido nesta solução e, em seguida, serão mostrados/comentados os desenhos com algumas possíveis soluções.

8.2.1. Equipamentos utilizados na solução

- **Câmera Ex-d**



Figura 42 - Exemplo de Câmera Ex d (PELCO, DATSHEET, 2012)

As câmeras à prova de explosão são concebidas para oferecer uma solução de vigilância viável, extremamente robusta e de alta qualidade para aplicação segura em áreas classificadas. Estas câmeras também permitem um desempenho perfeito em áreas altamente corrosivas, tais como as plataformas petrolíferas ao longo da costa.

Conforme já mencionado anteriormente, existem diferentes tipos de câmeras, para vários tipos de aplicação (dependendo da distância do objeto a ser visualizado, condições atmosféricas e utilização para automação de processo).

As câmeras podem variar em:

- Preto e branco ou Colorida;
- Day & Night: as quais geralmente são utilizadas em locais de baixa iluminação. Estas trocam a visualização de colorido para preto e branco assim que a iluminação decai a um nível específico;
- LowLight: com essa câmera é possível visualizar imagens coloridas em locais com baixa iluminação, porém a câmera perde frames;

- Infravermelho: estas permitem a visualização de imagens em ambientes com pouca ou nenhuma iluminação;
- Térmicas: a função desta câmera é permitir a visualização de objetos não visíveis pelo homem. Esta tecnologia transforma a radiação emitida por algum corpo ou objeto em imagens que possam ser visualizadas pelo olho humano. Tais câmeras são utilizadas muitas vezes para detectar vazamentos em plataformas de petróleo, oleodutos, gasodutos e sistemas de ar condicionado;
- Móveis ou Fixas;
- Analógica ou IP.

(SIEMENS, TREINAMENTO CFTV MÓDULO 2, 2008)

Além das variações citadas acima, as câmeras também diferem em alimentação elétrica, potência consumida, protocolos de comunicação, zoom óptico, número de pixels, resoluções e uma ampla quantidade de itens adicionais que garantem a captação de imagens extremamente nítidas em condições mais exigentes (como por exemplo, o limpador de lente integrado “Wiper”).

Existem diversos fabricantes que trabalham com câmeras a prova de explosão, no entanto a grande maioria ainda não possui câmeras certificadas no Brasil. Logo, o número de modelos comercializados no mercado brasileiro é muito limitado.

Neste trabalho, foi realizada uma pesquisa de mercado para identificar as câmeras devidamente certificadas no Brasil. A tabela 20 representa os principais modelos de câmeras e fabricantes encontrados, sendo dividida em quatro grupos (Móveis Analógicas, Móveis IP, Fixas Analógicas e Fixas IP).

Como se pode observar, a quantidade de modelos encontrados nesta pesquisa é muito limitada. Além disso, em relação ao valor das câmeras Ex-d, verifica-se um custo muito maior do que a de uma câmera não certificada. Este fato se deve, principalmente, pelo material utilizado na construção do equipamento e pelo alto valor da certificação e ensaios do equipamento.

Tabela 20 - Câmeras Ex-d Certificadas no Brasil

Equipamentos	Marca	Modelo	Especificação	Valor
	Câmera PTZ - Analógica (Sistema de Limpeza Integrado)	Bosch	Certificação: Zona 1; BR Ex-d IIC T6 Grau de Proteção: IP68 Geral: modulo Day&night , zoom óptico mx 36x V (entrada): 15 Vac / 18 Vdc Potência: 25,2W Peso: 15,5 kg	\$15.000,00
	Câmera PTZ - Analógica (Sistema de Limpeza Opcional)	Pelco	Certificação: Zona 1; BR Ex-d IIC T5 Grau de Proteção: IP66 V (entrada): 24 Vac or 100 to 240 Vac Potência: 60 W (120 VA) Peso: 25 kg	R\$48.269,19
	Câmera PTZ - Analógica (Sistema de Limpeza Integrado)	Cooper Hernis	Certificação: Zona 1; BR Ex-d IIC T6 Grau de Proteção: IP66 V (entrada): 30 Vac Potência: 90 W Peso: 32 kg	\$19.638,00
	Câmera PTZ - Analógica	Cooper Hernis	Certificação: Zona 1; BR Ex-d IIB+H2 T6 Grau de Proteção: IP66 V (entrada): 30 Vac Potência: 27 W Peso: 12,9 kg	\$11.250,00
	Câmera PTZ - Analógica - Térmica (Sistema de Limpeza Integrado)	Cooper Hernis	Certificação: Zona 1; BR Ex-d IIC T6 Grau de Proteção: IP66 V (entrada): 30 Vac Potência: 63 W Peso: 32 kg	\$46.800,00
	Câmera PTZ - Analógica (Sistema de Limpeza Integrado)	Cooper Hernis	Certificação: Zona 1; BR Ex-d IIC T6 Grau de Proteção: IP66 V (entrada): 30 Vac Potência: 46 W Peso: 19 kg	\$14.670,00
	Câmera PTZ - IP (Sistema de Limpeza Opcional)	Pelco	Certificação: Zona 1; BR Ex-d IIC T5 Grau de Proteção: IP66 V (entrada): 24 Vac / 100 to 240 Vac Potência: 60 W (120 VA) Peso: 25 kg	

	Câmara PTZ - IP (Sistema de Limpeza Integrado)	Cooper Hernis	EX286W PTZ JB	<p>Certificação: Zona 1; BR Ex-d IIC T6</p> <p>Grau de Proteção: IP67</p> <p>V (entrada): 30VAC</p> <p>Potência: 50 W</p> <p>Peso: 20,5 kg</p>	\$15.750,00
	Câmera Fixa - Analógica	Bosch	Ex65	<p>Certificação: Zona 1; BR Ex-d IIB T6</p> <p>Grau de Proteção: IP67</p> <p>V (entrada): 12 to 24 Vac / 12 to 24 Vdc</p> <p>Potência: 6 W</p> <p>Peso: Aço Inox - 12,9 kg / Alumínio - 6,4 kg</p>	\$3.000,00 (Alumínio) \$7.000,00 (Aço)
	Câmera Fixa - Analógica (Sistema de Limpeza Opcional)	Pelco	ExSite EHXM	<p>Certificação: Zona 1; BR Ex-d IIC T5</p> <p>Grau de Proteção: IP66</p> <p>V (entrada): 24 Vac / 100 to 240 Vac</p> <p>Potência: 60 W (120 VA)</p> <p>Peso: 11,3 kg</p>	
	Câmera Fixa - Analógica (Sistema de Limpeza Integrado)	Cooper Hernis	EX285W Fixed	<p>Certificação: Zona 1; BR Ex-d IIC T6</p> <p>Grau de Proteção: IP66</p> <p>V (entrada): 30 Vac</p> <p>Potência: 70 W</p> <p>Peso: 19 kg</p>	\$8.190,00
	Câmera Fixa - Analógica - Térmica (Sistema de Limpeza Integrado)	Cooper Hernis	EX285WT Fixed	<p>Certificação: Zona 1; BR Ex-d IIC T6</p> <p>Grau de Proteção: IP66</p> <p>V (entrada): 30 Vac</p> <p>Potência: 15 W</p> <p>Peso: 19 kg</p>	\$39.600,00
	Câmera Fixa - Analógica	Cooper Hernis	EX291CA	<p>Certificação: Zona 1; BR Ex-d IIC T6</p> <p>Grau de Proteção: IP66</p> <p>V (entrada): 30 Vac</p> <p>Potência: 17 W</p> <p>Peso: 6 kg</p>	\$5.292,00
	Câmera Fixa - IP (Sistema de Limpeza Opcional)	Pelco	ExSite IP	<p>Certificação: Zona 1; BR Ex-d IIC T5</p> <p>Grau de Proteção: IP66</p> <p>V (entrada): 24 Vac / 100 to 240 Vac</p> <p>Potência: 60 W (120 VA)</p> <p>Peso: 11,3 kg</p>	

Cabe ressaltar que a quantidade de modelos analógicos encontradas é muito maior que a quantidade de modelos IP's, no entanto, existe uma tendência de substituição

de modelos analógicos por IP's. É provável que, em um futuro próximo, aumente muito a quantidade de câmeras IP's certificadas.

- **Invólucro Ex-d**



Figura 43 - Invólucro Ex d (ALPHA, Catalogo de Produtos, 2011)

O invólucro Ex-d é utilizado para abrigar diferentes equipamentos, componentes elétricos e eletrônicos (disjuntores, contatores, chaves, relés, bornes, conversores, etc.) em áreas onde haja risco de explosões.

Neste trabalho utilizou-se um invólucro construído em alumínio com alta resistência mecânica e à corrosão. A preferência pela liga de alumínio foi pelo fato desta ser mais leve e de baixo custo, em relação ao modelo em aço inoxidável. Além disso, é necessário que o equipamento seja resistente à corrosão, pois muitas vezes o invólucro será utilizado em ambientes corrosivos, como por exemplo, em plataformas de petróleo em alto mar.

As entradas e saídas do invólucro podem ser feitas através de prensa cabos ou unidades seladoras, de acordo com a necessidade do projeto. Abaixo seguem suas medidas:

Tabela 21 - Dimensões da Caixa (ALPHA, Catalogo de Produtos, 2011)

Modelo	Interna		Externa		Chassi		Esp.	Altura	Fixação		Peso (kg)
	A	B	C	D	E	F	G	H1	J	K	
AWR14M/35	350	275	440	365	300	250	22	165	260	335	29,5

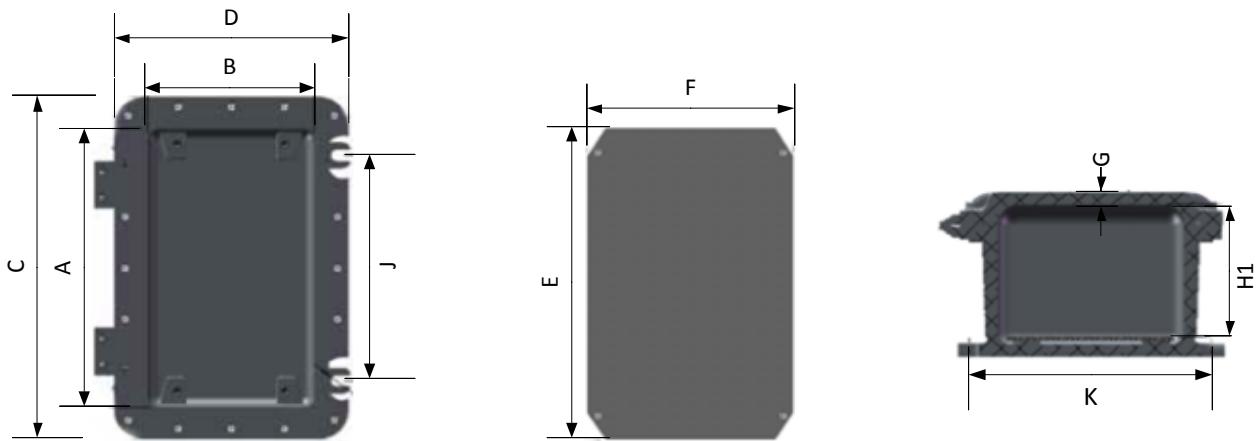


Figura 44 - Dimensões do Invólucro (ALPHA, Catalogo de Produtos, 2011)

A solução desenvolvida oferece diversas opções de arquitetura interna, sendo possível atender vários modelos de câmeras em áreas classificadas.

Os equipamentos instalados dentro do invólucro têm como finalidade:

- Fornecer a alimentação correta para a câmera, atendendo diversos valores de tensão, podendo ser continua ou alternada;
- Proteger equipamentos e cabos elétricos contra sobrecargas, curtos-circuitos e surtos transitórios;
- Converter sinais de vídeo/dados/áudio (Analógicos ou Ethernet) em um sinal de luz para ser transmitido através de fibra óptica (Monomodo ou Multímodo);
- Converter um sinal analógico em um sinal Ethernet.

Em seguida, serão apresentados todos os equipamentos que foram considerados na montagem interna do invólucro.

- **Encoder/Vídeo Server (codificador de vídeo)**

Um Encoder (codificador de vídeo) digitaliza sinais de vídeo analógico e envia imagens digitais diretamente por uma rede IP (por exemplo, LAN, intranet ou Internet). O maior benefício de converter um sistema de vídeo analógico em um sistema de vídeo em rede é permitir que os usuários visualizem imagens ao vivo, usando um navegador da Web ou um software de gerenciamento de vídeo, em qualquer computador local ou

remoto em uma rede. Assim, usuários autorizados podem acessar em diferentes locais as imagens de uma mesma câmera analógica de forma simultânea.

Os autores deste trabalho optaram pelos fabricantes de Encoder “Índigo Vision”, “Bosch” e “Axis”, pois estes são fornecedores parceiros da Siemens e seus equipamentos atendem perfeitamente as condições deste projeto.



Figura 45 - Modelo de Encoder (INDIGO VISION, Datasheet, 2011)

- **Conversor Óptico**

O conversor de fibra óptica tem como função converter um sinal elétrico em um sinal óptico para transmissão em longas distâncias. Já na recepção, o conversor possui função inversa, convertendo o sinal óptico novamente em sinal elétrico.

Abaixo segue um modelo de aplicação de conversores Ethernet – Fibra Óptica (o conversor Analógico – Fibra Óptica funciona de maneira semelhante).

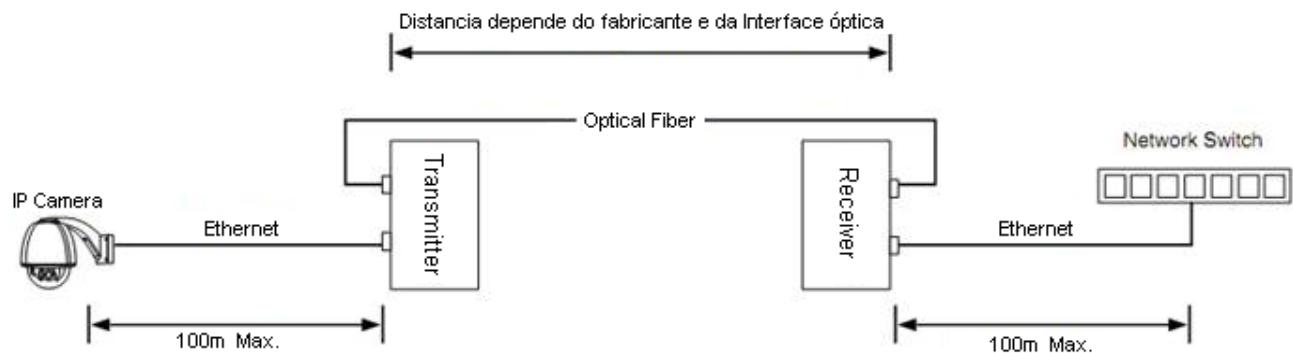


Figura 46 - Aplicação de conversores (Os autores, 2012)

A distância que as fibras ópticas podem atingir varia, estas dependem do conversor que está sendo utilizado e também da fibra óptica que pode ser Multimodo ou Monomodo. As fibras Multímodo geralmente atingem distância máxima de 20km, dependendo do fabricante. Já as Monomodos, podem atingir distâncias maiores, podendo chegar até 70km (IFS, Datasheet, 2012).

Neste projeto optou-se por trabalhar com câmera Analógica, IP e em alguns casos com Encoder. Deste modo, é necessário usar dois tipos de conversores, o analógico – Fibra óptica e o Ethernet – Fibra Óptica, de fornecedores parceiros da SIEMENS (GE,IFS,KBC).

Além de definir o tipo de conversor e o fabricante, é necessário também especificar outros parâmetros para que o conversor atenda corretamente o projeto, tais como:

1. Tipo de F.O: Monomodo ou Multímodo;
2. Conector: LC, FC, SC, ST;
3. Número de F.O: Uma ou Duas;
4. Conversão Vídeo ou Vídeo e Dados ou Vídeo, Dados e Áudio.

Cabe observar que para a aplicação desses conversores no invólucro, deve-se utilizar apenas conversores Transmitter (transmissores) e Standalone. Não é possível instalar conversores de Rack no invólucro. Os conversores Receiver (receptores) encontram-se geralmente instalados em salas de TI, fora de áreas classificadas.

- **Terminação Óptica:**

Utilizada como ponto de terminação da Rede Óptica para proteção e acomodação das emendas das fibras. Permite realizar a terminação de um cabo óptico, através de conexão direta ou emenda óptica por fusão. Esta Terminação possui dois acessos, um para entrada e outro para saída de cabos/cordões ópticos. É importante lembrar que esse equipamento não consome energia elétrica.

Para este trabalho foi utilizada uma Terminação Óptica de duas fibras da marca Furukawa, visto que este modelo atende perfeitamente todas as soluções.

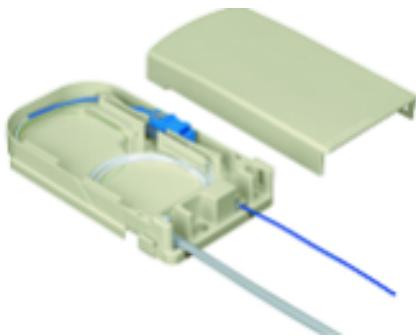


Figura 47 - Ponte de Terminação Óptica (FURUKAWA, Datasheet, 2010)

- **Transformador**

O transformador tem como principal finalidade transmitir energia elétrica de um circuito a outro, transformando tensões e correntes.

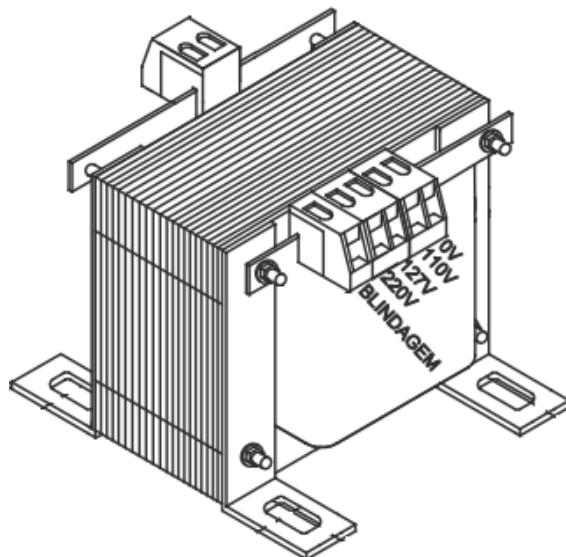


Figura 48 - Transformador 96 VA (TECNOTRAFO, Croqui, 2012)

Pode-se observar na figura que este modelo de transformador aceita diferentes entradas de tensões (110, 127, 220). A saída pode variar de acordo com a necessidade do projeto, a qual deve ser especificada para o fabricante.

Como este equipamento tem a finalidade de fornecer a tensão correta para as câmeras, conforme demonstrado na tabela 16, as tensões de alimentação das câmeras irão variar em 15 Vac, 30 Vac ou 110 até 240 (nesse caso não é necessário o transformador), logo iremos trabalhar com dois tipos de saída 15 e 30 Vac.

Para este trabalho foram selecionados modelos distintos de transformador do fornecedor Tecnotrafo (modelos 48, 96 e 144 VA). Os transformadores irão variar sua potência de acordo com a potência consumida pela câmera.

- **Fonte de Alimentação**



Figura 49 - Fonte Logo!Power(SIEMENS, 2003)

A principal função da fonte é transformar uma tensão alternada em tensão contínua, porém, ela também representa um importante papel na proteção dos equipamentos contra picos de tensão e instabilidade de corrente.

Nesta solução foi utilizado um modelo de fonte “LOGO!Power” da Siemens, a qual pode ser instalada em um trilho, sendo ideal para utilização em pequenos quadros de distribuição. Ela pode ser alimentada através de uma fase e um neutro, com tensão variando de 85 Vac a 264 Vac.

A Fonte de Alimentação possui duas saídas de tensão contínua. Há diferentes valores de tensão de saída disponíveis, podendo ser variados através de um regulador existente na própria fonte. Cada tensão possui o seu valor de corrente máxima de saída. A tabela a seguir detalha estes valores:

Tabela 22 - Faixa de Tensões e Correntes da Fonte (SIEMENS, 2003)

Tensão de Saída	Faixa de ajuste de saída	Corrente de Saída
5 Vdc	4,6 a 5,4 Vdc	3,0 A
12 Vdc	10,5 a 16,1 Vdc	1,9 A
24 Vdc	22,2 a 26,4 Vdc	1,3 A

Abaixo, seguem outras especificações técnicas desta fonte:

- Corrente constante no caso de uma sobrecarga, para ligação segura;
- Ampla faixa de ajuste da tensão de saída, facilmente acessível a partir do painel frontal, via potenciômetro;
- LED verde para indicação de “Tensão de saída OK”;
- Adequada para uso universal em todo o mundo – em ambientes industriais ou em redes públicas de baixa tensão;
- Ampla gama de temperatura, de -20°C a $+55^{\circ}\text{C}$, para uso universal.

(SIEMENS, 2003)

A fonte nesta solução apresenta as funções de alimentar o conversor (Analógico - Fibra óptica ou Ethernet – Fibra Óptica), fornecer alimentação correta para o Encoder, quando este for utilizado, e também em alguns casos fornecer tensão continua para alguns modelos de câmeras fixas que aceitam esse tipo de alimentação. Hoje, existem poucos modelos de câmeras certificadas que aceitam esse tipo de tensão, porém, no futuro, podem surgir mais câmeras com estas especificações, por isso já foi previsto na solução.

O range de variação de tensão de saídas das fontes é suficiente para atender vários modelos de conversores, encoders e câmeras. Por se tratar de equipamentos que consomem pouca energia, estas fontes têm potência suficiente para atender a solução.

- **Disjuntor**



Figura 50 - Disjuntor Monopolar (SIEMENS, 2010)

O disjuntor tem como finalidade proteger os cabos e cargas contra sobrecargas e curtos-circuitos. Para esta solução, será utilizado um modelo de disjuntor desenvolvido pela Siemens, o qual é adequado para todas as instalações elétricas, nos setores: residencial, comercial e industrial. Isto oferece ao consumidor o dispositivo ideal para sua instalação elétrica.

Abaixo, segue a tabela 19 com as especificações do disjuntor utilizado.

Tabela 23 - Disjuntor Utilizado

Modelo	Polos	Corrente nominal	Tipo de Curva
5SX2 110-7	Monopolar	10 A	Curva C

Neste trabalho o disjuntor será monopolar, ou seja, apenas uma fase entrará no disjuntor. A corrente nominal utilizada será de dez amperes.

O tipo de curva selecionada foi a C, pois o circuito elétrico da instalação, o qual é protegido pelo disjuntor, possui cargas com uma natureza indutiva. O modelo de curva C é ideal para esta instalação.

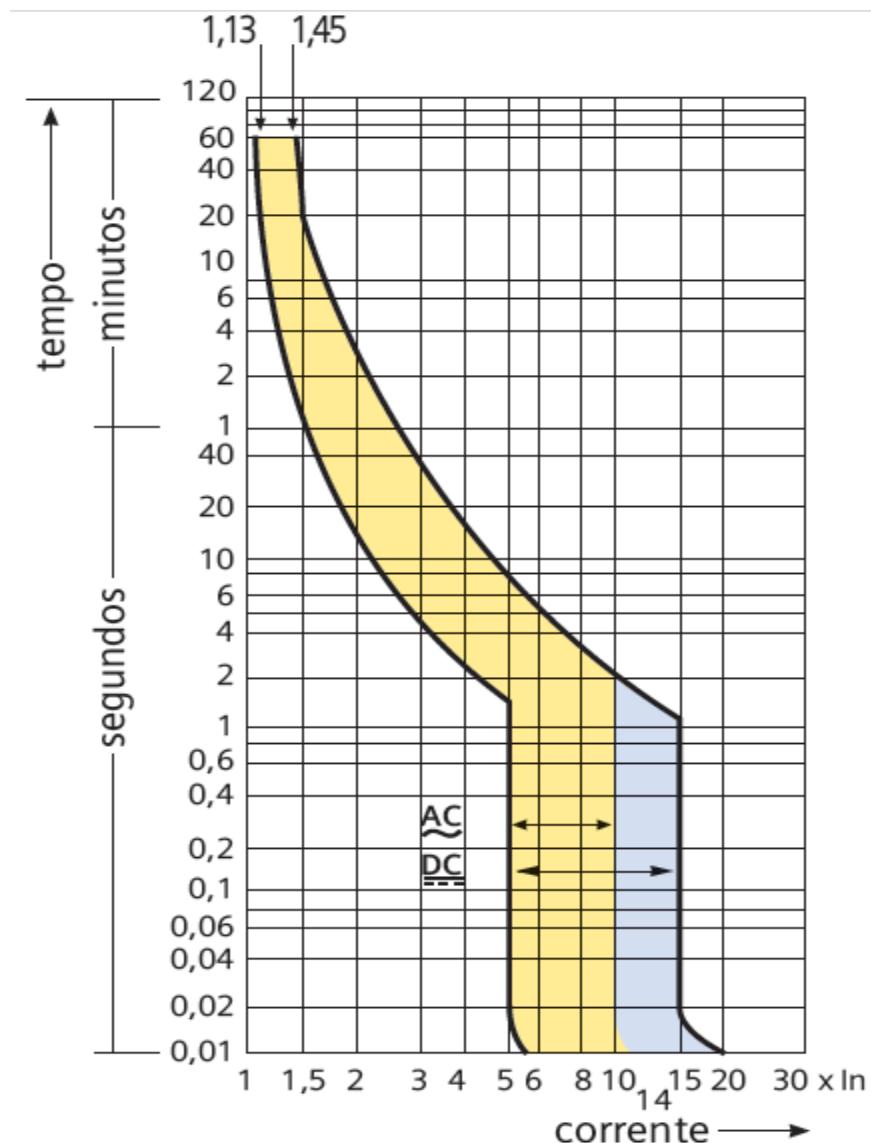


Figura 51 - Gráfico Curva C (SIEMENS, 2010)

No gráfico acima, a região de cor amarela representa o valor máximo de corrente que o disjuntor suporta em um determinado intervalo de tempo. Fora desta área (acima e à direita), o disjuntor é acionado.

Observa-se no gráfico que os disjuntores curva C, podem suportar uma corrente de cinco até dez vezes o valor da corrente nominal do disjuntor, em um intervalo de no máximo um segundo.

A ligação do equipamento será detalhada posteriormente neste trabalho.

- **Dispositivo de proteção contra surto (DPS)**



Figura 52 - DPS Monopolar (SIEMENS, 2010)

Um Dispositivo de Proteção Contra Surtos (DPS) protege as cargas contra surtos de tensão transitórios provocados por descargas atmosféricas ou manobras no sistema.

Nesta solução será utilizado um modelo de DPS da Siemens. A seguir, na tabela 24, encontram-se as especificações deste dispositivo.

Tabela 24 - DPS Utilizado (Siemens, 2010)

Modelo	Polos	Corrente nominal	Classe de Proteção
5SD7 461 – 0 MB	1 polo	20 KA	II

A Classe de proteção II foi escolhida neste trabalho, pois esta é adequada à proteção contra os efeitos das descargas elétricas indiretas na instalação, ou na prevenção contra sobretensões de manobra.

Desconsidera-se no projeto a proteção contra descargas diretas no equipamento, bem como o DPS da classe 1.

A ligação do equipamento será detalhada posteriormente.

- **Régua de Bornes**



Figura 53 – Régua de Bornes (SIEMENS, 2010)

Nesta solução, foram utilizados bornes Siemens 8WA1, os quais são responsáveis pela distribuição correta dos cabos de energia para alimentação dos equipamentos.

A Régua de Bornes possui a opção de cores para melhor identificação dos circuitos (bege para a fase, azul para o neutro, verde-amarelo para o terra).

A ligação desse equipamento será detalhada no próximo subitem.

8.2.2. Solução Obtida

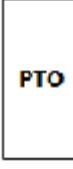
Serão apresentados neste tópico os desenhos e as listas de material de algumas soluções possíveis que utilizam os equipamentos citados acima. Pretende-se demonstrar como é realizada a ligação dos equipamentos dentro da caixa, bem como suas dimensões relativas. A partir destas ilustrações, foi possível definir o tamanho do invólucro utilizado.

8.2.2.1. Arquitetura Padrão

Como já mencionado, esta solução possui uma arquitetura modular, porém, alguns equipamentos são utilizados em todas as montagens, seguindo sempre o mesmo padrão. Abaixo, segue a lista de equipamentos desta arquitetura padrão.

Tabela 25 - Lista de Equipamentos para Arquitetura Padrão

Equipamento	Marca	Modelo	Qtd.	Especificações
	Caixa Ex-d	Alpha	1	AWR14M/35 Dimensão interna: 275x350x165 mm

	Fonte de Alimentação	Siemens	LOGO!Power	1	V (entrada): 100 a 240 Vac V (saída): 5 / 12 /24 I (saída): 3 / 1,9 / 1,3 Dimensão (A x L x P): 90x54x55 mm
	Disjuntor	Siemens	5SX2 110-7	1	Corrente Nominal: 10 A Polos: Monopolar Curva: C Dimensão (A x L x P): 18/36x90x55 mm
	Supressor de Surto	Siemens	5SD7 461 – 0 MB	2	Corrente Nominal: 20 kA Polos: Monopolar Classe: II Dimensão (A x L x P): 99x18x70 mm
	Régua de Borne	Siemens	8WA1	1	Dimensões (A x L x P): 41x75x30 mm
	Terminação Óptica	Furukawa	PTO 2F	1	Qtd. de posições: 2 Dimensão (A x L x P): 150x83x26 mm

A tabela apresenta apenas as principais especificações dos equipamentos. Para desenvolver este trabalho, foram consultados todos os datasheets desses equipamentos.

A seguir, a figura 54 em escala representa a disposição dos equipamentos dentro da caixa.

A linha tracejada no desenho ilustra a distância limite que os equipamentos podem ser instalados, pois conforme norma (ABNT NBR IEC 6079-14) os equipamentos devem ficar no mínimo 12,5mm de distância das laterais do invólucro.

Em cada montagem, irão variar a alimentação, o tipo de conversor e o uso ou não do Encoder. Para representar esta variação, foi desenvolvido um código para o produto (invólucro mais a montagem interna), onde é possível especificar a arquitetura exata que se deseja utilizar em cada projeto.

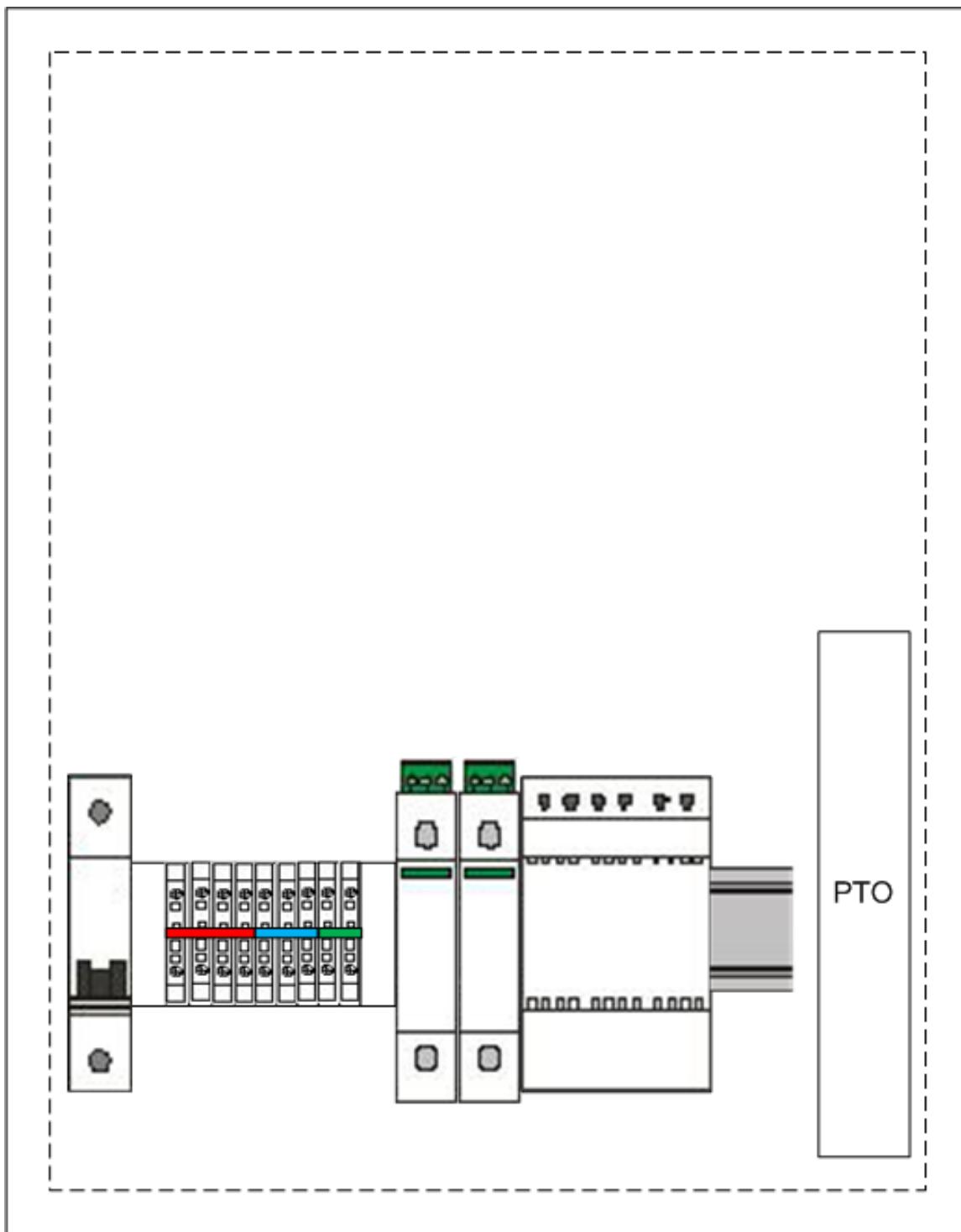


Figura 54 - Desenho em escala para Arquitetura Padrão (Os autores, 2012)

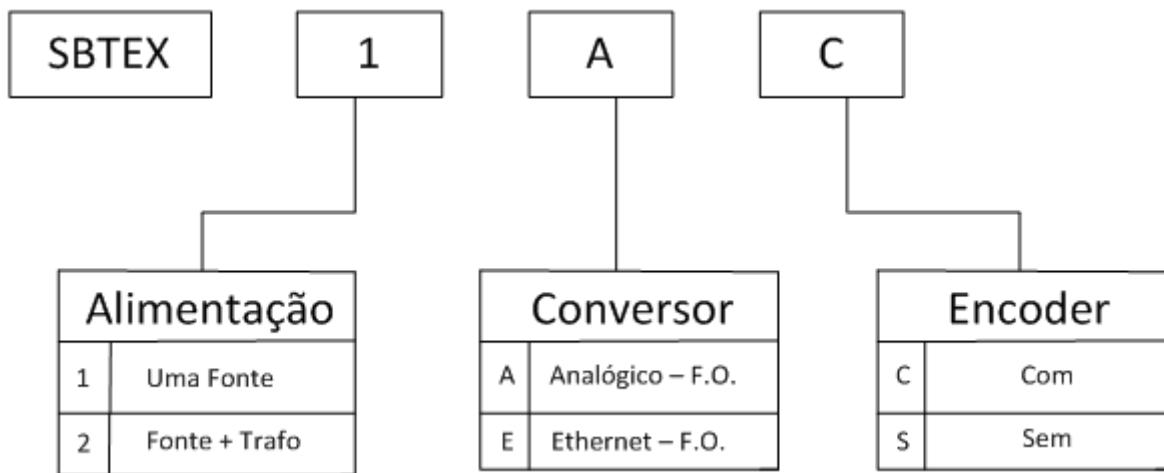


Figura 55 - Código do Produto (Os autores, 2012)

Observação: As soluções SBTEX1AC e SBTEX2AC, não são utilizadas, pois quando se utiliza um Encoder precisa necessariamente utilizar um Conversor Ethernet – Fibra óptica.

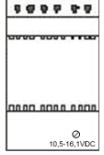
Para definir qual alimentação utilizar, é necessário saber qual a tensão de entrada da câmera, pois quando utiliza-se apenas uma fonte, esta poderá alimentar o conversor, o encoder (se existir) e também uma câmera com tensão de entrada continua (se a câmera tiver entrada de 110 a 240 Vac, será utilizado a mesma tensão que chega no invólucro) . Em alguns casos será necessário utilizar uma fonte mais um transformador, a fonte alimentará o conversor e o encoder (se existir) e o transformador terá a função de alimentar a câmera com tensão de entrada alternada diferente da tensão que chega ao invólucro (30 ou 15 Vac por exemplo).

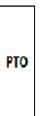
Pode-se observar a possibilidade de ter 6 soluções diferentes. Abaixo, estão alguns exemplos de soluções de acordo com esta codificação. Este trabalho não irá abordar todas as soluções, apenas as mais comuns de serem utilizadas.

8.2.2.2. Solução Câmera PTZ Analógica – Invólucro SBTEX1AS.

Essa solução é a mais simples, pois é acrescentado apenas um item na arquitetura básica. Nesse exemplo foi acrescentado um conversor Analógico – fibra óptica que faz a conversão de sinais de vídeo e dados analógico em um sinal óptico. A lista de equipamentos dessa solução esta descrita na tabela abaixo.

Tabela 26 - Lista de equipamentos para solução câmera PTZ Analógica e Invólucro SBTEX1AS

Equipamento	Marca	Modelo	Qtd.	Especificações
	Câmera PTZ - Analógica	Pelco	ExSite IPSXM	1 Certificação: Zona 1; BR Ex-d IIC T5 Grau de Proteção: IP66 V (entrada): 24 Vac or 100 to 240 Vac Potência: 60 W (120 VA) Peso: 25 kg
	Caixa Ex-d	Alpha	AWR14M/35	1 Dimensão interna: 275 x 350 x 165 mm
	Fonte de Alimentação	Siemens	LOGO!Power	1 V (entrada): 100 a 240 Vac V (saída): 12 Vdc I (saída): 3 / 1,9 / 1,3 Dimensão (A x L x P): 90 x 54 x 55 mm
	Disjuntor	Siemens	5SX2 110-7	1 Corrente Nominal: 10 A Polos: Monopolar Curva: C Dimensão (A x L x P): 18/36 x 90 x 55 mm
	Supressor de Surto (DPS)	Siemens	5SD7 461 – 0 MB	2 Corrente Nominal: 20 kA Polos: Monopolar Classe: II Dimensão (A x L x P): 99 x 18 x 70 mm
	Régua de Borne	Siemens	8WA1	1 Dimensões (A x L x P): 41 x 75 x 30 mm

	Terminação Óptica	Furukawa	PTO 2F	1	Dimensão (A x L x P): 150 x 83 x 26 mm
	Conversor Analógico – fibra óptica	IFS	VT1500	1	F.O: Multimodo Conector: ST Número de Fibras: 1 ou 2 V (entrada): 11 a 14Vdc or 24Vac Corrente: 200mA Dimensão (A x L x P): 12.5 x 17.8 x 2.5 mm

Para essa solução foi utilizado uma fonte de 12 Vdc, a qual fornecerá tensão para alimentar o conversor. A figura 56 mostra desenho em escala que representa essa solução.

Como se pode observar, o lado esquerdo da caixa é por onde entram os cabos de energia e de fibra óptica vindo do campo, já no lado direito é por onde saem os cabos de alimentação da câmera e também cabos de vídeo e dados.

Essa solução utiliza a câmera Pelco Analógica PTZ (ExSite IPSXM), esta é uma câmera móvel, por isso utiliza-se um cabo de dados, o qual serve para fornecer os sinais de comando para a câmera. Se ao invés de ser um câmera PTZ fosse uma fixa, a única diferença seria que o cabo de dados seria excluído da solução.

A tensão de alimentação dessa câmera pode ser de 100 a 240 Vac, por esse motivo a mesma tensão que chega ao invólucro é utilizada para alimentar a câmera, porém dentro do invólucro os cabos passam por o disjuntor e também pelos supressores de surto, os quais garantem a proteção da câmera e dos cabos da instalação.

No disjuntor entra apenas um cabo de fase, esse cabo sai do disjuntor e vai para a régua de borne para fazer a distribuição para os outros equipamentos. Foram utilizados dois DPS monopolares, estes equipamentos são interligados por uma placa metálica localizada na parte Inferior (o que faz com que eles trabalhem junto, como se fossem um DPS bipolar). Na parte superior de um dos DPS entra a fase, no outro entra o neutro, na parte inferior estão os cabos de terra, um cabo vai para o borne que aterra o invólucro todo, o outro cabo terra é utilizado na alimentação da câmera.

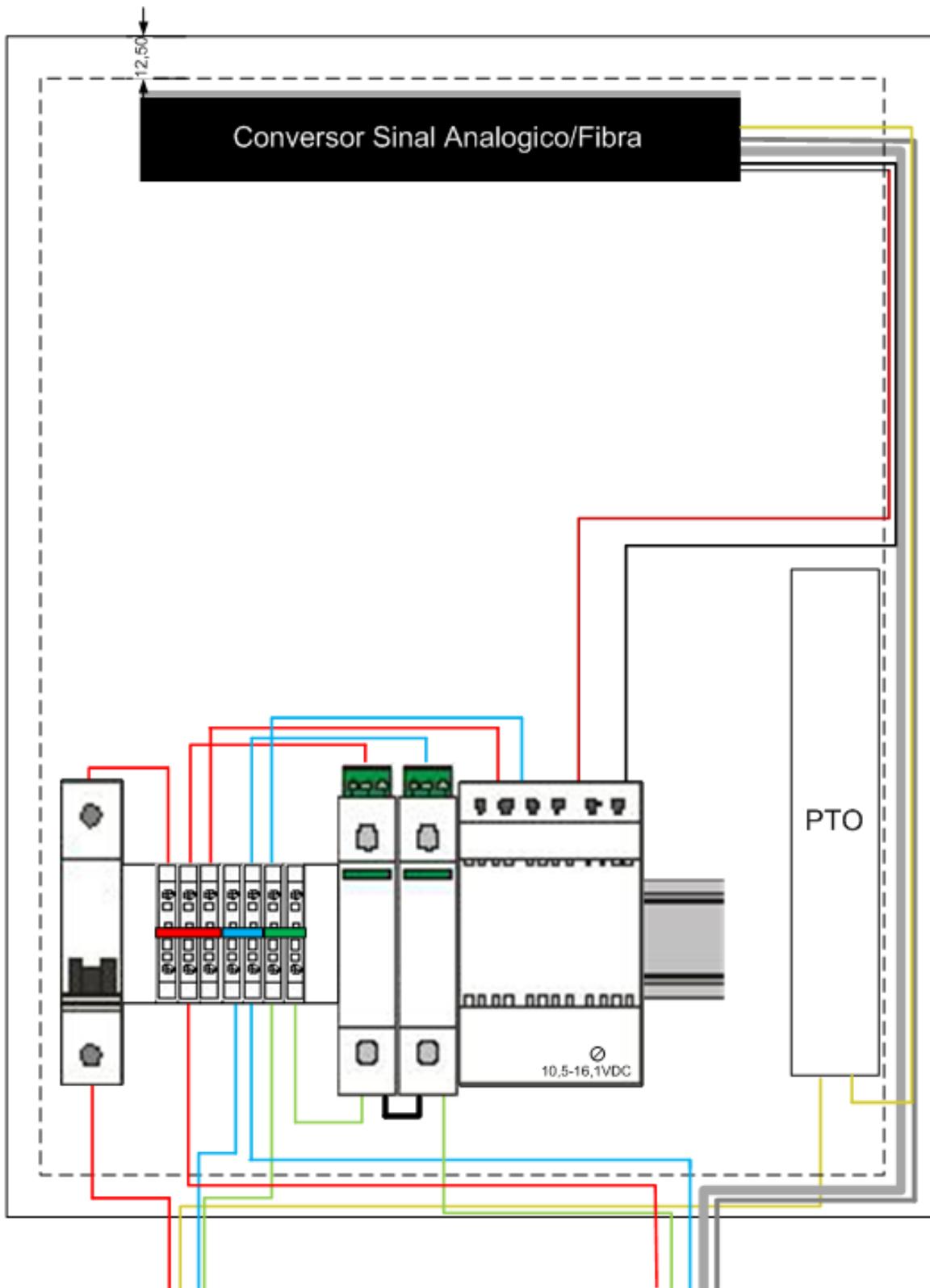


Figura 56 - Montagem interna Invólucro SBTEX1AS (Os autores, 2012)

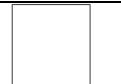
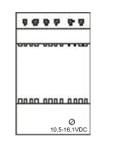
O ponto de terminação óptica (PTO) não precisa ser alimentado, como se pode observar na figura, existe apenas uma Fibra Óptica entrando e outra saindo, pois como já mencionado anteriormente esse equipamento tem a função de proteção e acomodação das emendas das fibras.

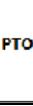
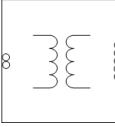
Para ganhar espaço dentro do invólucro, o conversor e o PTO foram projetados para serem instalados lateralmente, sendo fixados em uma chapa de aço em formato “L”. Com isso otimizou-se o espaço e pode-se utilizar uma caixa menor, o que facilita na instalação e transporte, além de reduzir significativamente o custo, pois o modelo utilizado tem um valor de R\$3.000,00 enquanto o modelo maior, que seria utilizado se os equipamentos não fossem instalado de lado, tem um custo de R\$4.300.

8.2.2.3. Solução para câmera PTZ Analógica - Invólucro SBTEX2AS

A montagem seguinte, é muito semelhante a anterior, a única diferença está na inclusão de um transformador, pois nesse caso estamos simulando a utilização de uma câmera Cooper Hernis EX286W a qual possui tensão de entrada de 30 Vac. Abaixo esta a lista de equipamentos para essa solução.

Tabela 27 - Lista de equipamentos para solução câmera PTZ Analógica e Invólucro SBTEX2AS

Equipamento	Marca	Modelo	Qtd.	Especificações
	Câmara PTZ - Analógica	Cooper Hernis	EX286W PTZ	1 Certificação: Zona 1; BR Ex-d IIC T6 Grau de Proteção: IP66 V (entrada): 30 Vac Potência: 46 W Peso: 19 kg
	Caixa Ex-d	Alpha	AWR14M/35	1 Dimensão interna: 275 x 350 x 165 mm
	Fonte de Alimentação	Siemens	LOGO!Power	1 V (entrada): 100 a 240 Vac V (saída): 12 Vdc I (saída): 3 / 1,9 / 1,3 Dimensão (A x L x P): 90 x 54 x 55 mm
	Disjuntor	Siemens	5SX2 110-7	1 Corrente Nominal: 10 A Polos: Monopolar Curva: C

					Dimensão (A x L x P): 18/36 x 90 x 55 mm
	Supressor de Surto (DPS)	Siemens	5SD7 461 – 0 MB	2	Corrente Nominal: 20 kA Polos: Monopolar Classe: II Dimensão (A x L x P): 99 x 18 x 70 mm
	Régua de Borne	Siemens	8WA1	1	Dimensões (A x L x P): 41 x 75 x 30
	Terminação Óptica	Furukawa	PTO 2F	1	Dimensão (A x L x P): 150 x 83 x 26 mm
	Conversor Analógico – fibra óptica	IFS	VT1500	1	F.O: Multimodo Conector: ST Número de Fibras: 1 ou 2 V (entrada): 11 a 14Vdc or 24Vac Corrente: 200mA Dimensão (A x L x P): 12.5 x 17.8 x 2.5 mm
	Transformador	Tecnotrafo	96 VA	1	V (entrada): 127 / 220 Vac V (saída): 24 Vac Potência: 96 VA Dimensão (A x L x P): 80 x 86 x 109 mm

Foi utilizado um transformador de 96 VA com saída de tensão de 30 Vac, o que é suficiente para alimentar a câmera que consome 46 W. O desenho abaixo está em escala e ilustra a montagem para o invólucro SBTEX2AS

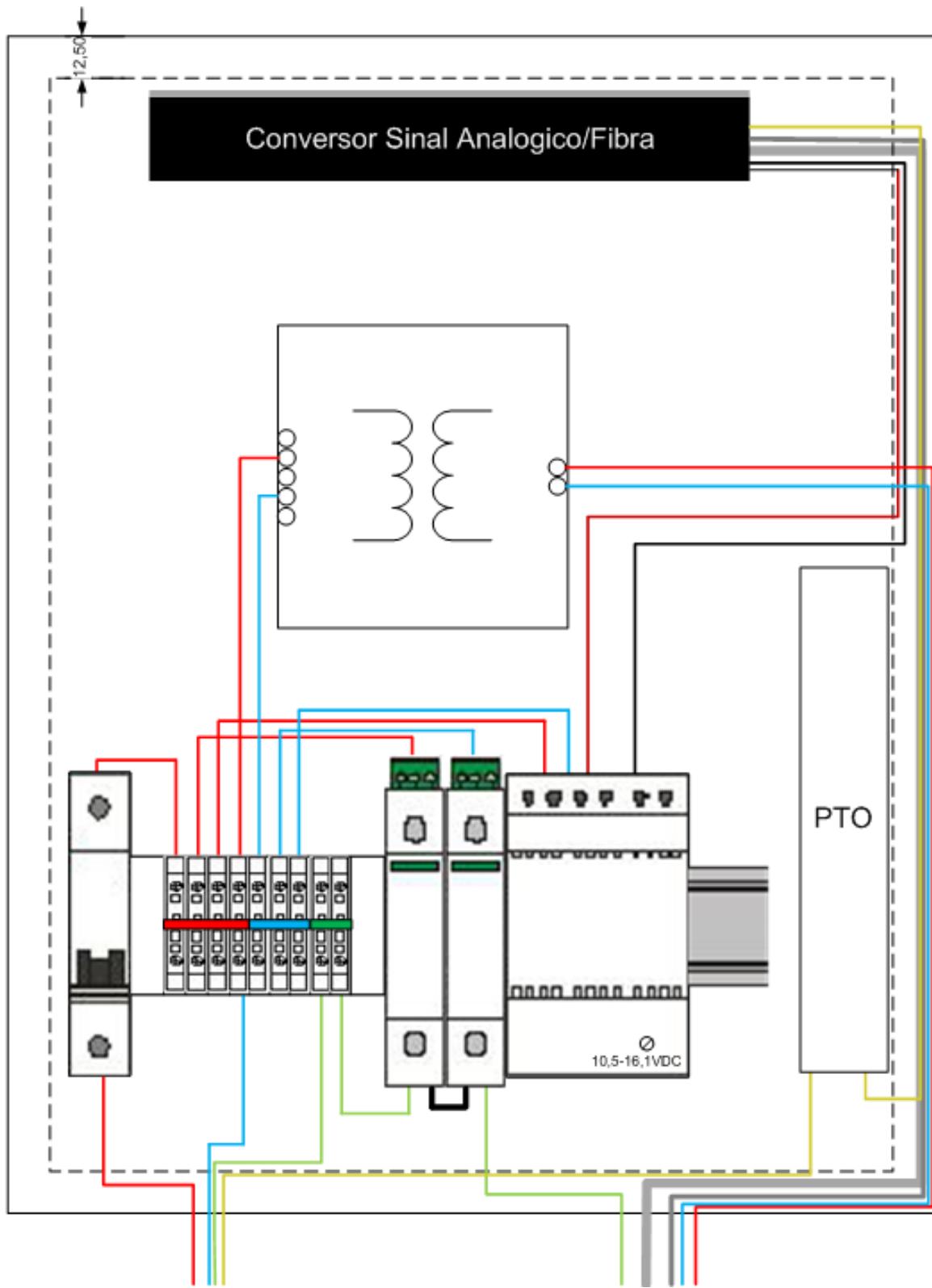


Figura 57 - Montagem interna Invólucro SBTEX2AS (Os autores, 2012)

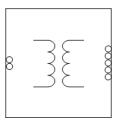
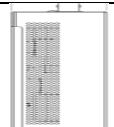
A solução acima difere da anterior apenas quanto aos cabos de energia que entram no transformador e depois vão para a câmera. No restante é igual a montagem SBTEX1AS.

8.2.2.4. Solução para câmera PTZ Analógico - Invólucro SBTEX2AC

Essa solução é a mais complicada em questão de espaço, pois nela temos o conversor, o transformador e o encoder.

Tabela 28 - Lista de equipamentos para solução câmera PTZ Analógica - Invólucro SBTEX2AC

Equipamento	Marca	Modelo	Qtd.	Especificações
	Câmara PTZ - Analógica	Cooper Hernis	1	Certificação: Zona 1; BR Ex-d IIC T6 Grau de Proteção: IP66 V (entrada): 30 Vac Potência: 46 W Peso: 19 kg
	Caixa Ex-d	Alpha	1	Dimensão interna (A x L x P): 275 x 350 x 165 mm
	Fonte de Alimentação	Siemens	1	V (entrada): 100 a 240 Vac V (saída): 12 Vdc I (saída): 3 / 1,9 / 1,3 A Dimensão (A x L x P): 90 x 54 x 55mm
	Disjuntor	Siemens	1	Corrente Nominal: 10 A Polos: Monopolar Curva: C Dimensão (A x L x P): 18 x 90 x 55 mm
	Supressor de Surto (DPS)	Siemens	2	Corrente Nominal: 20 kA Polos: Monopolar Classe: II Dimensão (A x L x P): 99 x 18 x 70 mm
	Régua de Borne	Siemens	1	Dimensões (A x L x P): 41 x 75 x 30 mm
	Terminação Óptica	Furukawa	1	Dimensão (A x L x P): 150 x 83 x 26 mm

	Conversor Ethernet – Fibra óptica	IFS	S713DE SC/ST	1	F.O: Multimodo Conector: SC/ST Numero de Fibras: 2 V (entrada): 14 Vdc Potencia: 2,8 W Dimensão (A x L x P): 71 x127 x 38 mm
	Transformador	Tecnotrafo	96 VA	1	V (entrada): 127 / 220 Vac V (saída): 24 Vac Potência: 96 VA Dimensão (A x L x P): 80x86x109mm
	Encoder	IndigoVision	transmissor/receptor	1	V (entrada): 14 a 35 Vdc ou 24 Vac Potência: 7 a 8 W Dimensão (A x L x P): 45 x 110 x 167 mm

A câmera e o transformador são os mesmos da solução anterior, a única diferença é que agora os sinais dessa câmera serão digitalizados pelo encoder.

Conforme já especificado anteriormente, o modelo de fonte 12 Vdc pode ter sua tensão ajustada de 10,5 a 16,1 Vdc. Para essa solução temos um conversor com tensão de entrada de 11 a 14Vdc ou 24Vac e o encoder possui tensão de entrada de 14 a 35 Vdc ou 24 Vac. Para essa solução foi ajustado o valor de tensão da fonte para 14 Vdc, dessa forma é possível utilizar a mesma fonte para alimentar o conversor e o encoder. A potência liberada pela fonte também é suficiente para alimentar esses dois equipamentos.

O sinal analógico (Vídeo mais dados) vindo da câmera chega ao encoder, é digitalizado e sai através de um cabo UTP para entrar no conversor que faz a conversão do sinal digital em um sinal óptico.

Neste caso, apenas o encoder e o PTO foram instalados lateralmente. O modelo de conversor Ethernet – Fibra Óptica utilizado é menor do que o conversor analógico – Fibra óptica da solução anterior, de modo que não houve necessidade de instala-lo de lado (o ganho de espaço seria mínimo).

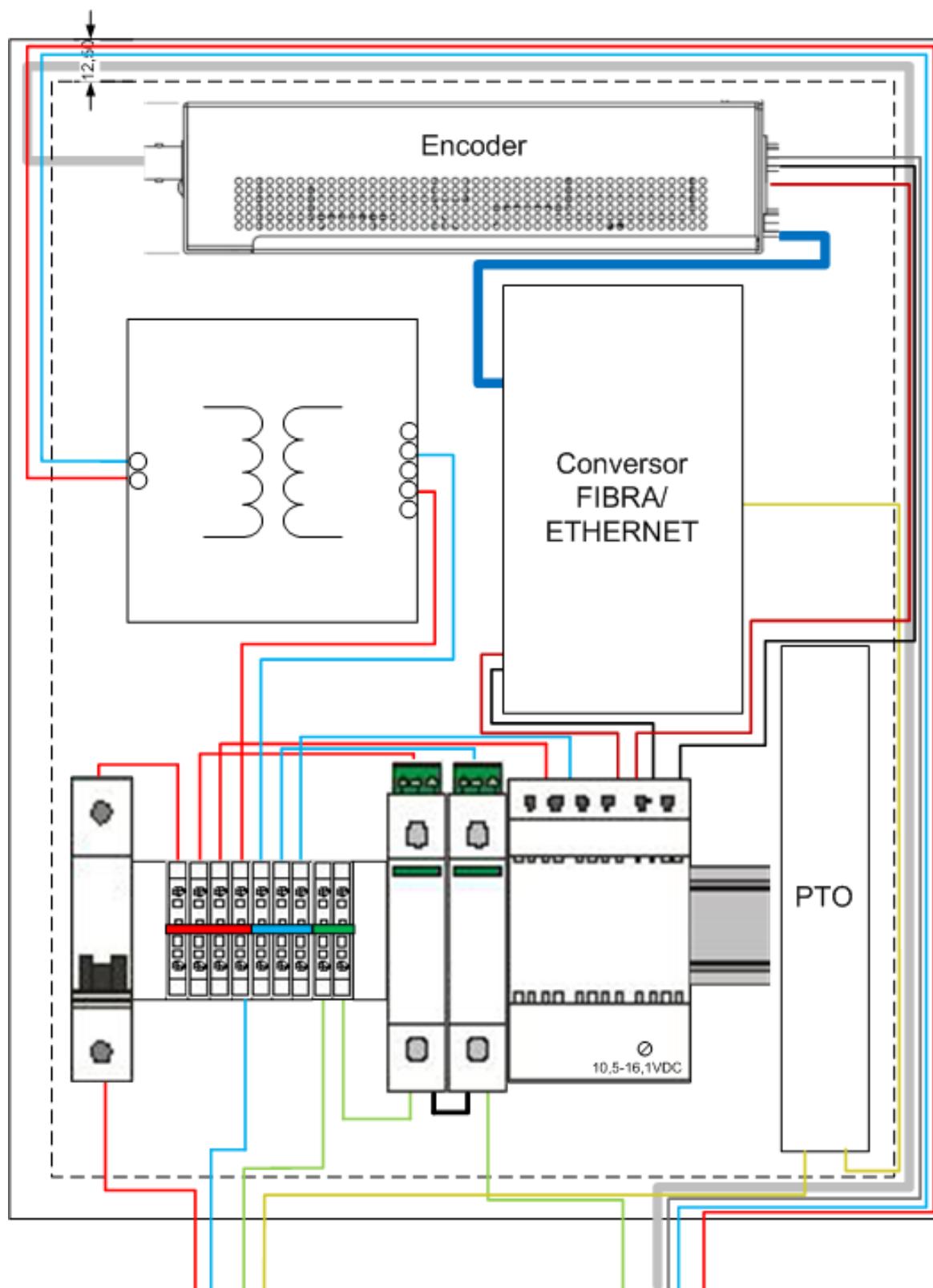


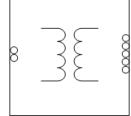
Figura 58 - Montagem interna Invólucro SBTEX2EC (Os autores, 2012)

8.2.2.5. Solução para câmera PTZ IP- Invólucro SBTEX2ES

A solução para câmera IP não necessita da utilização de Encoder, uma vez que o sinal já sai da câmera através de um cabo Ethernet, ou seja o sinal já é digital. Abaixo esta a lista de equipamentos referente a essa solução.

Tabela 29 - Lista de equipamentos para solução câmera PTZ IP e Invólucro SBTEX2ES

Equipamento	Marca	Modelo	Qtd.	Especificações
 Câmera PTZ - IP	Cooper Hernis	EX286W PTZ JB	1	Certificação: Zona 1; BR Ex-d IIC T6 Grau de Proteção: IP67 V (entrada): 30VAC Potência: 50 W Peso: 20,5 kg
 Caixa Ex-d	Alpha	AWR14M/35	1	Dimensão interna: 275 x 350 x 165 mm
 Fonte de Alimentação	Siemens	LOGO!Power	1	V (entrada): 100 a 240 Vac V (saída): 12 Vdc I (saída): 3 / 1,9 / 1,9 / 1,3 Dimensão (A x L x P): 90 x 54 x 55 mm
 Disjuntor	Siemens	5SX2 110-7	1	Corrente Nominal: 10 A Polos: Monopolar Curva: C Dimensão (A x L x P): 18/36 x 90 x 55 mm
 Supressor de Surto (DPS)	Siemens	5SD7 461 – 0 MB	2	Corrente Nominal: 20 kA Polos: Monopolar Classe: II Dimensão (A x L x P): 99 x 18 x 70 mm
 Régua de Borne	Siemens	8WA1	1	Dimensões (A x L x P): 41 x 75 x 30
 PTO	Furukawa	PTO 2F	1	Qtd. de posições: 2 Dimensão (A x L x P): 150 x 83 x 26 mm
 Conversor FIBRA/ ETHERNET	IFS	S713DE SC/ST	1	F.O: Multimodo Conector: SC/ST Número de Fibras: 2 V (entrada): 14 Vdc Potência: 2,8 W Dimensão (A x L x P): 71 x 127 x 38 mm

	Transformador	Tecnotrafo	96 VA	1	V (entrada): 127 / 220 Vac V (saída): 24 Vac Potência: 96 VA Dimensão (A x L x P): 80 x 86 x 109 mm
---	---------------	------------	-------	---	--

Essa solução difere da anterior (Invólucro SBTEX2AC) na câmera utilizada que já é IP e na exclusão do Encoder, porém, no restante é igual.

Para a câmera EX286W PTZ JB foi selecionado o transformador de 96 VA com saída de 30 Vac, o qual tem capacidade suficiente para alimentar a câmera.

A figura 59 está em escala e ilustra essa montagem.

Para essa solução não temos cabo coaxial (vídeo) e nem cabo de dados, existe apenas um cabo UTP por onde trafegam todas essas informações. Se ao invés de utilizar uma câmera móvel fosse utilizada uma câmera fixa, o desenho continuaria sendo o mesmo, sem nenhuma alteração, já que pelo cabo Ethernet trafegam informações de vídeo e dados.

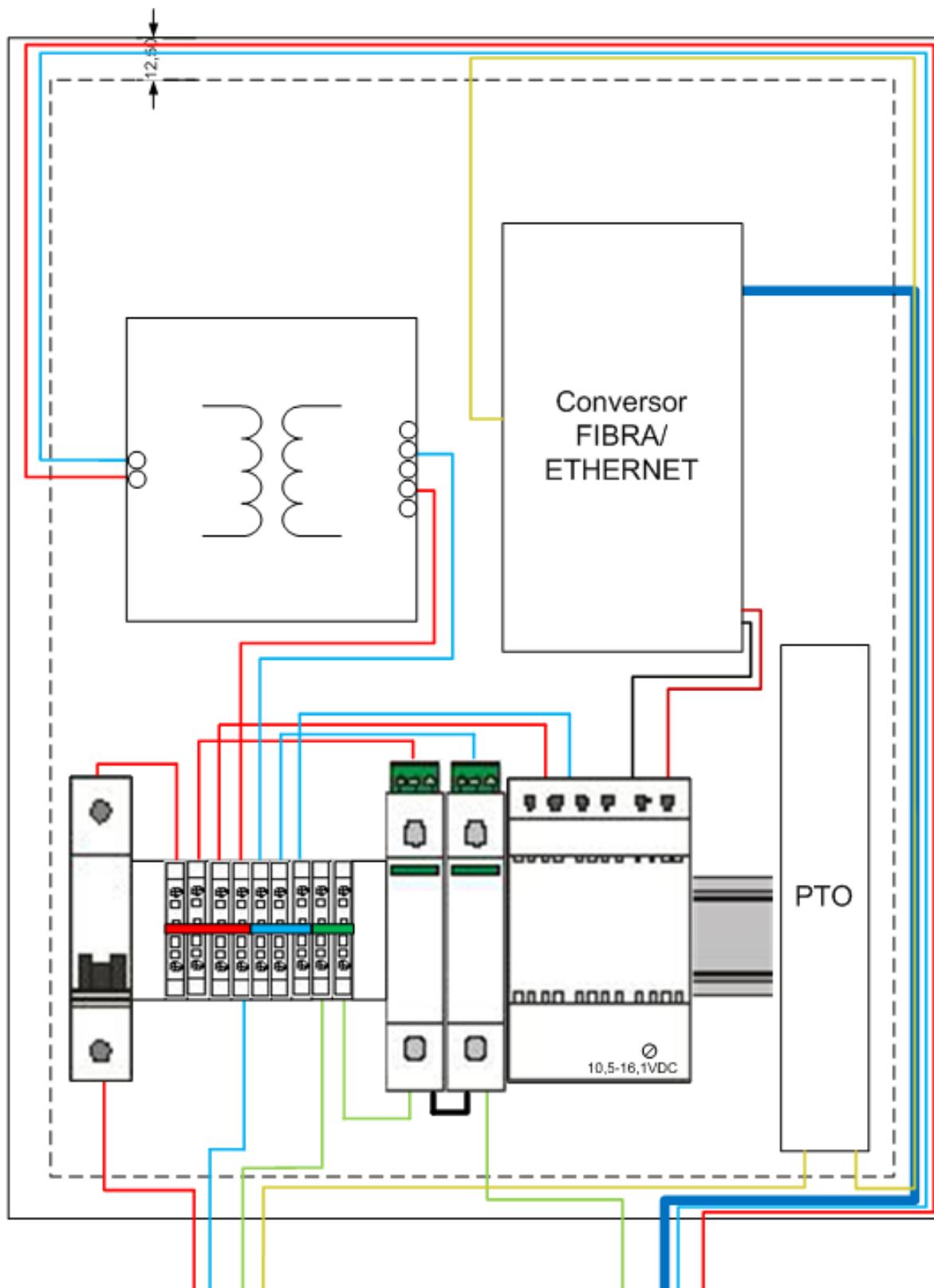


Figura 59 - Montagem interna e Invólucro SBTEX2ES (Os autores, 2012)

A figura 60 ilustra uma outra montagem com a mesma solução, sendo a única diferença a utilização de outro modelo de conversor Ethernet – Fibra óptica .

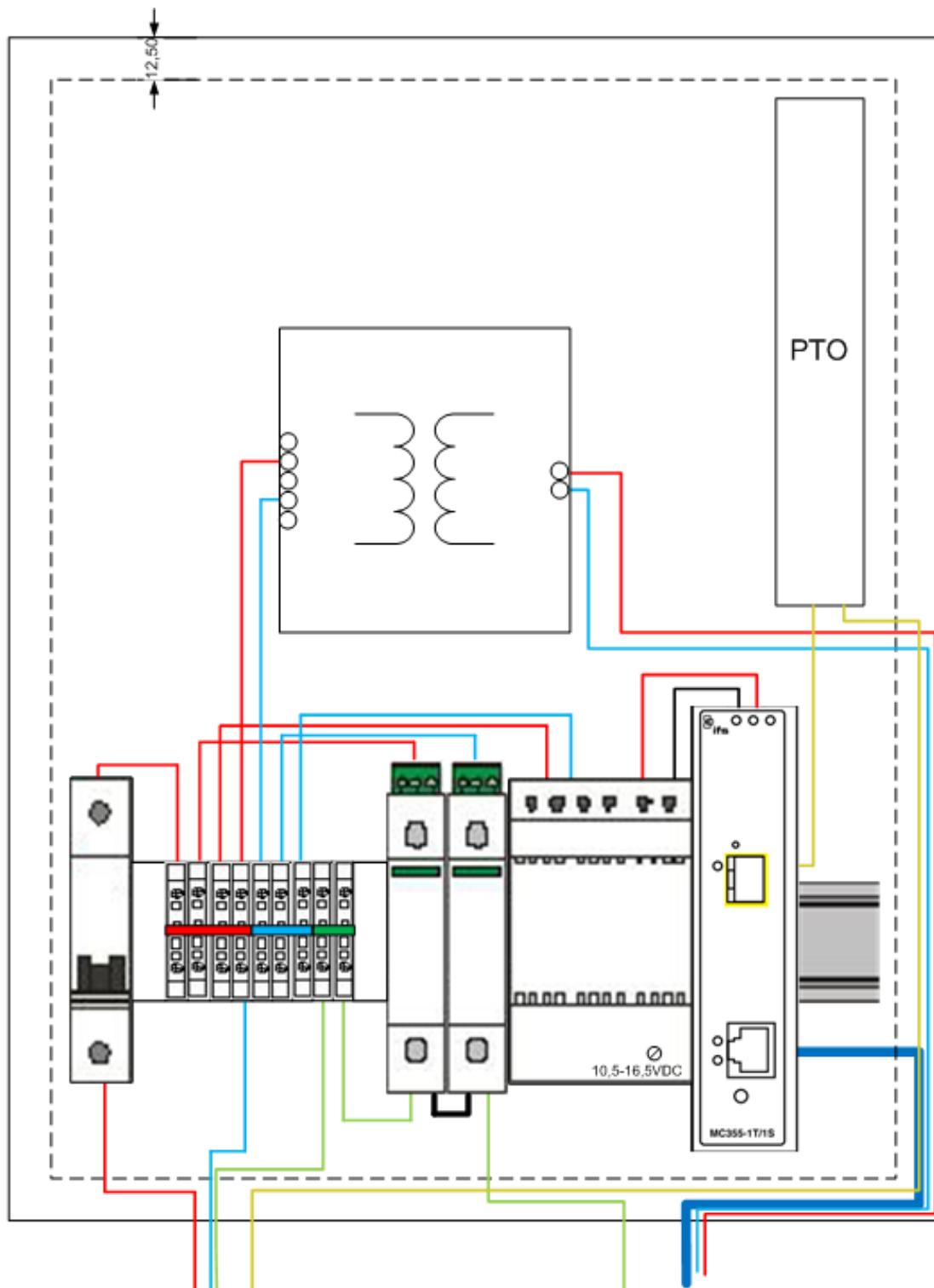
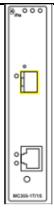


Figura 60 - Montagem interna do Invólucro SBTEX2ES com conversor de trilho (Os autores, 2012)

Tabela 30 - Conversor de Trilho IFS

Equipamento	Marca	Modelo	Qtd.	Especificações
 Conversor Ethernet – Fibra óptica	IFS	MC355-1T/1S	1	F.O: Multimodo ou Monomodo Conector: LC Número de Fibras: 1 ou 2 V (entrada): 12 a 48 Vdc Potência: 7.9 W Dimensão (A x L x P): 135 x 32 x 85 mm

Esse conversor pode ser instalado no trilho, junto com os outros equipamentos. Para o funcionamento desse conversor, é necessário adquirir também um módulo MGBIC, onde se conecta a fibra óptica.

A grande vantagem desse conversor é que o fabricante fornece vários modelos de MGBIC, para fibras monomodos e multimodos, com diferentes distâncias máximas: quanto maior a distância mais caro é o equipamento. Dessa forma é possível adquirir o MGBIC ideal para cada tipo de projeto.



Figura 61 - Exemplo MGBIC IFS

9. Conclusão

O presente trabalho teve como foco a realização de um estudo de instalações elétricas em atmosferas explosivas. Como fruto deste estudo, obtiveram-se soluções práticas plausíveis de serem utilizadas no dia-a-dia da empresa além de servir como um guia de consulta para as diversas etapas de um projeto dentro da empresa, indo desde o planejamento de vendas até a execução da solução.

No âmbito dos sistemas de detecção e alarme de incêndio, a contribuição deste trabalho veio na forma da evolução do que já tinha sido feito na Siemens. Algumas soluções já haviam sido feitas, porém faltava um estudo mais detalhado do assunto e uma pesquisa de mercado para se chegar em uma solução mais adequada e que proporcionasse o desempenho requerido pela empresa.

Já a solução de circuito fechado de televisão (CFTV) abriu um mercado novo para a Siemens. Não havia soluções certificadas para câmeras de segurança e o presente trabalho proporcionou isso. Hoje, a caixa à prova de explosão em questão ainda está em processo de certificação mas já faz parte de uma solução Siemens e vem acompanhada de grandes expectativas tendo em vista o crescente mercado que ela atenderá.

Um ponto importante que deve ser levado em consideração é o fato desta monografia envolver apenas dois tipos de proteção Ex de equipamentos em suas soluções (à prova de explosão e segurança intrínseca). Todos os outros métodos de proteção Ex devem ser levados em conta ao elaborar uma solução de forma a selecionar aquela que melhor atenda a necessidade exigida.

Vale lembrar que este trabalho está longe de ser uma solução definitiva para os problemas existentes. Ele representa dentro da Siemens apenas um passo inicial de um tema que ainda tem muito o que ser pesquisado e evoluir conforme o surgimento de novas necessidades e oportunidades para a empresa. Além disso, a presente monografia aborda apenas as etapas iniciais de uma instalação Ex (seleção de equipamentos, montagem, instalação), não envolvendo assuntos como treinamento de pessoal e sistemas de inspeções periódicas e de manutenção ao longo do tempo em que os equipamentos permanecem instalados.

10. Referências Bibliográficas

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR IEC60079-0: Atmosferas explosivas Parte 0: Equipamentos – Requisitos gerais.** Rio de Janeiro, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR IEC60079-1: Atmosferas explosivas Parte 1: Proteção de equipamentos por invólucro à prova de explosão “d”.** Rio de Janeiro, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR IEC60079-10-1: Atmosferas explosivas Parte 10-1: Classificação de áreas – Atmosferas explosivas de gás.** Rio de Janeiro, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR IEC60079-11: Atmosferas explosivas Parte 11: Proteção de equipamentos por segurança intrínseca.** Rio de Janeiro, 2009.

BORGES, G. H. **Manual de segurança intrínseca: Ex i: do projeto a instalação.** Rio de Janeiro: G. H. Borges, 1997.

BPEX (Org.). **Manual de Bolso de Instalações Elétricas em Atmosferas Explosivas.** São Paulo: 2012.

BULGARELLI, Roberval. Instalação de equipamentos com proteções por invólucros ou por segurança intrínseca. **O Setor Elétrico**, São Paulo, n. , p.14-20, 01 jan. 2010.

BULGARELLI, Roberval. Requisitos para as atividades de inspeção e manutenção de instalações elétricas e de instrumentação em atmosferas explosivas – exemplos, recomendações e conclusões. **O Setor Elétrico**, São Paulo, n. , p.18-25, 01 jan. 2010.

COBEI (Org.). **IEC System for certification to standards relating to equipment for use in explosive atmospheres**: 2012-11-05

COOPER MEDC – **Productcs**. Disponível em: <http://www.coopermedc.com/products>. Acesso em: 14 ago. 2012

COOPER MTL – **MTL4500/4600 Series Instruction Manual**. Disponível em:
http://www.mtl-inst.com/images/uploads/datasheets/4500_5500/INM4500-4600.pdf.
Acesso em: 14 ago. 2012

Egs/appleton ELECTRIC(Org.). **Classification Comparator**: 2000

FURTADO, Gabriel de Abreu. **Treinamento CFTV – Módulo I**. São Paulo: SIEMENS, 2008.

FURTADO, Gabriel de Abreu. **Treinamento CFTV – Módulo II**. São Paulo: SIEMENS, 2008.

FURUKAWA (Org.). **Ponto de Terminação Óptica**. Datasheet: 2010.

INDIGO VISION (Org.). **Transmissores e Receptores Autônomos**. Datasheet: 2011.

INMETRO. **Portaria nº 179. Rio de Janeiro**: 18 de maio 2010

INMETRO. **Portaria nº 89. Rio de Janeiro**: 23 de fev. 2012

JORDÃO, D. M. **Manual de instalações elétricas em indústrias químicas, petroquímicas e de petróleo – atmosferas explosivas**. 3a Ed. Rio de Janeiro: Qualitymark Ed., 2002.

JORDÃO, Dácio Miranda. A obesidade atinge cerca de 80% das instalações Ex. **O Setor Elétrico**, Rio de Janeiro, n. , p.01-10, 01 nov. 2010. Mensal. Disponível em: <[http://www.osetoreletro.com.br/web/colunistas/dacio-de-miranda-jordao/487-a-obesidade->](http://www.osetoreletro.com.br/web/colunistas/dacio-de-miranda-jordao/487-a-obesidade-). Acesso em: 04 abr. 2012.

MAEX (Org.). **NOVA PORTARIA Ex INMETRO**. Disponível em:
<<http://www.maex.com.br/?p=2134>>. Acesso em: 10 maio 2012.

NEI (Org.). **Prensa-cabos à prova de explosão**. Disponível em:
<<http://www.nei.com.br/images/lm/237471.jpg>>. Acesso em: 12 out. 2012.

R. STAHL. **Basics of Explosion Protection**: 2010

RIBEIRO, Carlos Alberto de Assis. **Instalações Elétricas em Atmosferas Explosivas**. São Paulo: Target, 2012.

ROCKWELL (Org.). **Zone Hazardous Locations**: 2001

SIEMENS (Org.). **Hazardous area products reliably protect areas subject to explosion hazards**. Disponível em:

<http://www.buildingtechnologies.siemens.com/bt/global/en/firesafety/fire-detection/cerberus-pro-fire-safety-system/special-applications/explosion-hazard-area-products/pages/explosion-hazard-area-products.aspx>. Acesso em: 15 ago. 2012.

SIEMENS (Org.). **Alpha Six Conectores**. Datasheet: 2010.

SIEMENS (Org.). **Disjuntores 5SX, 5SP, 5SY**. Datasheet: 2010.

SIEMENS (Org.). **DPS**. Datasheet: 2010.

SIEMENS (Org). **LOGO!Power - Fonte de Alimentação Miniaturizadas**. Datasheet: 2003.

SILVA, José da. **Equipamentos para áreas com atmosferas explosivas e industriais**. São Paulo: Navegar, 2008.

SOUSA, Andréia Quintana Lima de. **CERTIFICAÇÃO Ex NO BRASIL: HISTÓRICO, SITUAÇÃO ATUAL E PERSPECTIVAS**. In: CONGRESSO SOBRE INSTALAÇÕES ELÉTRICAS EM ATMOSFERAS EXPLOSIVAS, 12., 2008, São Paulo.

WETZEL (Org.). **Unidades Seladoras**. Disponível em:

http://www.wetzel.com.br/pt/eletro_catalogo/fckeditor/uploads/Image/unidades_seladoras_instal01.jpg. Acesso em: 12 out. 2012.

XTRALIS – **VESDA EX D**. Disponível em: xtralis.com/file.cfm?id=480. Acesso em 12 jul. 2012