



**Universidade Federal de Juiz de Fora  
Faculdade de Engenharia  
Curso de Engenharia Elétrica - Energia**

**Jefferson França de Aguiar**

**INSTALAÇÕES ELÉTRICAS EM ATMOSFERAS EXPLOSIVAS:  
A IMPORTÂNCIA DA CLASSIFICAÇÃO DE ÁREAS**

**Juiz de Fora  
2017**

**Jefferson França de Aguiar**

**INSTALAÇÕES ELÉTRICAS EM ATMOSFERAS EXPLOSIVAS:  
A IMPORTÂNCIA DA CLASSIFICAÇÃO DE ÁREAS**

Trabalho de conclusão de curso, apresentado à Universidade Federal de Juiz de Fora, como parte das exigências para a obtenção do título de engenheiro eletricista.

Orientador: Prof. Cristiano Gomes Casagrande, Dr Eng.

**Juiz de Fora**

**2017**

Ficha catalográfica elaborada através do programa de geração automática da Biblioteca Universitária da UFJF, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Aguiar, Jefferson França de.

INSTALAÇÕES ELÉTRICAS EM ATMOSFERAS EXPLOSIVAS:  
: A IMPORTÂNCIA DA CLASSIFICAÇÃO DE ÁREAS / Jefferson  
França de Aguiar. -- 2017.

54 p.

Orientador: Cristiano Gomes Casagrande

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade  
Federal de Juiz de Fora, Faculdade de Engenharia, 2017.

1. Instalações Elétricas. 2. Área classificada. 3. Atmosferas  
explosivas. I. Casagrande, Cristiano Gomes, orient. II. Título.

**Jefferson França de Aguiar**

**INSTALAÇÕES ELÉTRICAS EM ATMOSFERAS EXPLOSIVAS:  
A IMPORTÂNCIA DA CLASSIFICAÇÃO DE ÁREAS**

Trabalho de conclusão de curso, apresentado a Universidade Federal de Juiz de Fora, como parte das exigências para a obtenção do título de engenheiro eletricista.

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Cristiano Gomes Casagrande, Dr. Eng. - Orientador  
Universidade Federal de Juiz de Fora

---

Prof. Danilo Pereira Pinto, D. Sc.  
Universidade Federal de Juiz de Fora

---

Eng. Lucas Alves de Almeida  
Universidade Federal de Juiz de Fora

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por todas as minhas conquistas nesses últimos anos e por me fortalecer em todo o caminho que sigo.

Agradeço aos meus pais, Maria e José, pelo exemplo de luta, força e coragem e pelo apoio de cada dia.

Aos meus irmãos, pelo companheirismo e amizade, e a toda minha família.

Agradeço a minha esposa, Daniele, que me acompanhou durante todo o período de formação e que sempre me entregou palavras confortáveis, carinho e amor.

Ao professor e orientador Casagrande, pelo apoio, incentivo e pelos momentos.

Aos professores e à administração desta instituição que contribuíram para minha formação acadêmica.

Agradeço ainda aos novos amigos que apareceram na minha vida durante esses anos de faculdade e pelos grandes momentos que pude compartilhar com eles.

*“Nas grandes batalhas da vida, o primeiro passo para a vitória é o desejo de vencer.”*  
(Mahatma Gandhi)

## RESUMO

Em diversas atividades indústrias, onde são processadas ou armazenadas substâncias inflamáveis como gases e poeiras combustíveis, depara-se com condições de risco associado. Nestes locais, existe a probabilidade dessas substâncias inflamáveis se misturarem com o ar de modo que, criem uma atmosfera explosiva.

Este trabalho apresenta duas análises estudos de casos com o objetivo de avaliar a importância da classificação de áreas perigosas. A primeira análise realizada foi sobre acidente ocorrido na plataforma P-36, em março de 2001, onde duas explosões danificaram a estrutura de uma das colunas da plataforma, culminando na morte de 11 pessoas e no naufrágio da embarcação. A segunda análise realizada mostra que, em uma sala de baterias estacionárias, existe o risco de explosão devido à liberação do gás hidrogênio produzido pela reação de eletrólise que ocorre nas células de chumbo-acido.

É indispensável conhecer os principais tipos de proteção dos equipamentos elétricos instalados em ambiente com probabilidade de surgimento de atmosferas explosivas. Foi necessário um estudo bibliográfico para um bom entendimento das normas ABNT referentes à classificação de áreas. O estudo de caso sobre o acidente da P-36 mostrou os danos que podem ocorrer em áreas que não foram classificadas, mas que estão sujeitas ao surgimento de atmosferas explosivas. Já o estudo de casos da classificação de uma sala de baterias mostrou os benefícios obtidos após o mapeamento das zonas de risco.

**Palavras-chave:** segurança em instalações elétricas, classificação de áreas, atmosferas explosivas, zonas de risco.

## ABSTRACT

In several industries, where flammable substances such as combustible gases and dust are processed or stored, there are associated risk conditions. At these locations, these flammable substances are likely to mix with the air so that they create an explosive atmosphere.

This paper presents two case studies with the objective of evaluating the importance of the classification of hazardous areas. The first analysis was based on an accident on the P-36 platform in March 2001, where two explosions damaged the structure of one of the columns of the platform, culminating in the death of 11 people and the shipwreck. The second analysis shows that in a stationary battery room there is a risk of explosion due to the release of the hydrogen gas produced by the electrolysis reaction that occurs in lead-acid cells.

It is indispensable to know the main types of protection of the electrical equipments installed in environment with probability of explosive atmospheres. It was necessary a bibliographic study for a good understanding of the ABNT norms regarding the classification of areas. The P-36 accident case study showed damage that may occur in areas that have not been classified but are subject to explosive atmospheres. The case study of the classification of a battery room showed the benefits obtained after the mapping of the risk zones.

**Keywords:** safety in electrical installations, classification of areas, explosive atmospheres, risk zones.



**LISTA DE FIGURAS**

Figura 1 - Triângulo do Fogo .....	18
Figura 2 - Ilustração dos tipos de Zonas. ....	28
Figura 3 - Marcação dos equipamentos Ex conforme (ABNT NBR IEC 60079-14, 2016) ....	40
Figura 4 - Plataforma P-36 adernada. ....	42
Figura 5 - Fluxograma de processo dos tanques de drenagem de emergência na ocasião da primeira explosão.....	43
Figura 6 - Banco de Baterias Chumbo-Ácido .....	44
Figura 7 - Correlação do LIE de gases inflamáveis.....	46

**LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 – Dados de inflamabilidade de algumas substâncias.....	24
Tabela 2 - Relação entre temperatura de ignição do gás ou vapor e classe de temperatura do equipamento. ....	25
Tabela 3 - Parâmetros de explosividade de alguns produtos que podem forma poeiras combustíveis.....	26
Tabela 4 - Classificação de áreas: definição de Zonas. ....	27
Tabela 5 - Relação entre Grupo e Subgrupo do gás, vapor ou poeira e Grupo e Subgrupo do equipamento. Fonte: Adaptado de (ABNT NBR IEC 60079-14, 2016).....	29
Tabela 6 - Designação de EPL ( <i>Equipment Protection Level</i> ).....	30
Tabela 7 - Seleção do EPL de acordo com a Zona da área classificada. ....	31
Tabela 8 - Aplicação dos equipamentos Ex em função do zoneamento.....	36
Tabela 9 - Grau de proteção contra a penetração de objetos sólidos estranhos indicados pelo primeiro numeral característico. ....	37
Tabela 10 - Grau de proteção contra a penetração d'água indicados pelo segundo numeral característico.....	38
Tabela 11 - Significado da letra adicional no código IP. ....	38
Tabela 12 - Significado da letra suplementar no código IP. ....	38
Tabela 13 - Lista de verificação de equipamentos elétricos instalados em áreas classificadas. ....	48

**LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

IP	Índice de Proteção
Ex	Equipamentos elétricos para ser utilizados em áreas classificadas
EPL	<i>Equipment Protection Level</i>
OCP	Organismo de Certificação de Produto
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial
ANP	Agência Nacional do Petróleo
DGP	Diretoria de Portos e Costas
CA	Corrente alternada
CC	Corrente Contínuo

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>14</b>
1.1	CONSIDERAÇÕES INICIAS.....	14
1.2	OBJETIVO E MOTIVAÇÃO .....	15
1.3	ESTRUTURA DO TRABALHO.....	15
<b>2</b>	<b>FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....</b>	<b>17</b>
2.1	CONSIDERAÇÕES INICIAIS .....	17
2.2	ATMOSFERA EXPLOSIVA.....	17
2.2.1	Triângulo do fogo .....	17
2.2.2	Combustão.....	18
2.2.3	Combustível .....	19
2.2.4	Comburente.....	19
2.2.5	Ignição.....	19
2.3	REAÇÃO EM CADEIA.....	19
2.4	PROPAGAÇÃO DO FOGO.....	19
2.4.1	Condução .....	20
2.4.2	Convecção.....	20
2.4.3	Irradiação .....	20
2.5	PONTO DE FULGOR (FLASH POINT) .....	21
2.6	TEMPERATURA DE IGNIÇÃO.....	21
2.7	LIMITES DE INFLAMABILIDADE.....	21
2.8	DENSIDADE RELATIVA .....	22
2.9	CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	22

<b>3</b>	<b>CLASSIFICAÇÃO DE ÁREAS PERIGOSAS.....</b>	<b>23</b>
3.1	CONSIDERAÇÕES INICIAIS .....	23
3.2	ÁREA CLASSIFICADA.....	23
3.3	CONCEITOS DE ZONAS PARA GASES E VAPORES COMBUSTÍVEIS 24	
3.3.1	Classe de Temperatura.....	25
3.4	CONCEITO DE ZONAS PARA POEIRA COMBUSTÍVEL.....	26
3.5	GRUPO DE EQUIPAMENTO.....	28
3.6	EPL - <i>EQUIPMENT PROTECTION LEVEL</i> .....	29
3.7	TIPOS DE PROTEÇÃO.....	31
3.7.1	Invólucro à prova de Explosão (Ex d).....	31
3.7.2	Imerso em Óleo (Ex o).....	32
3.7.3	Imerso em Areia (Ex q).....	32
3.7.4	Imerso em resina (Ex m).....	33
3.7.5	Segurança Aumentada (Ex e).....	33
3.7.6	Invólucros Pressurizados (Ex p).....	34
3.7.7	Segurança Intrínseca (Ex i).....	34
3.7.8	Não acendível (Ex n) .....	35
3.7.9	Proteção por invólucro (Ex t).....	35
3.7.10	Especial (Ex s).....	35
3.8	GRAU DE PROTEÇÃO IP.....	37
3.9	MARCAÇÃO DE EQUIPAMENTOS .....	39
3.10	CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	40

<b>4</b>	<b>ANÁLISE DA CLASSIFICAÇÃO DE ÁREAS NO ACIDENTE DA P-36 E EM UMA SALA DE BATERIAS.....</b>	<b>41</b>
4.1	CONSIDERAÇÕES INICIAIS .....	41
4.2	ACIDENTE NA PLATAFORMA P-36.....	41
4.3	BATERIAS DE CHUMBO-ÁCIDO .....	44
4.4	INSPEÇÃO EM AMBIENTES COM PRESENÇA DE SUBSTÂNCIAS INFLAMÁVEIS.....	47
4.5	CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	49
<b>5</b>	<b>CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS.....</b>	<b>51</b>
5.1	CONCLUSÕES .....	51
5.2	TRABALHOS FUTUROS .....	52
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>53</b>

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAS

Em muitos processos industriais de produção, é comum que existam ambientes de atmosfera explosiva. Ao pensar em atmosferas explosivas, geralmente se imagina uma indústria que lida com produtos altamente perigosos, como combustíveis, gases, hidrocarbonetos e explosivos. No entanto, as atmosferas explosivas também estão presentes na maioria dos processos de fabricação e transformação, a priori, mais simples. Pode-se encontrar atmosferas explosivas na indústria agrícola (usinas de açúcar e álcool), na indústria da madeira (serragens), na produção e armazenagem de tintas, indústria química, laboratórios farmacêuticos, indústria têxtil (fibras), refinarias, metal (alumínio e ferro), indústria de cereais, indústria gráfica (solventes) e em simples armazéns de distribuição (SILVA, 2014).

Uma atmosfera é considerada explosiva quando a mistura de gás, vapor ou poeira combustível entra em contato com o ar (oxigênio) de tal maneira que uma faísca provocaria uma explosão. Nesses ambientes os equipamentos elétricos, por suas próprias características, podem se tornar fontes de ignição. Em sua operação normal, o arco elétrico surge em abertura e fechamento de contatos e sua temperatura pode subir em caso de sobrecargas ou correntes de fuga. Mesmo com o risco associado, é possível manter a operação de uma planta sob o devido controle dentro de uma área classificada. E nesse contexto existe uma série de medidas que visam mitigar ou eliminar eventuais riscos presentes em um ambiente dessa natureza. A ação básica nestes casos consiste em impedir que possíveis fontes de ignição entrem em contato com a atmosfera explosiva, utilizando para isso equipamentos elétricos e eletrônicos especiais e infraestruturas à prova de explosão, de segurança aumentada ou segurança intrínseca, por exemplo (JORDÃO, 2002).

Devido a isso, nas áreas onde esse risco existe, os equipamentos elétricos devem ser instalados de modo a garantir um nível adequado de proteção da saúde e segurança das pessoas e do local, contra os riscos decorrentes ao surgimento de atmosferas explosivas. No Brasil, as medidas de proteção devem seguir às normas de segurança da ABNT das séries NBR IEC 60079, que ditam as regras para instalações elétricas em áreas classificadas. É importante observar que as normas passam por atualizações constantes e que neste trabalho foram consideradas as informações das normas vigentes (SILVA, 2014).

## 1.2 OBJETIVO E MOTIVAÇÃO

Objetivo geral:

Discutir a importância da classificação de áreas perigosas e da seleção de equipamentos elétricos adequados para uma instalação com possível presença de atmosfera explosiva. Apresentar ações para que os riscos, inerentes à utilização dos equipamentos elétricos nessas áreas, sejam mitigados, evitando possíveis acidentes gerados por ignição.

Objetivos específicos:

- Conceituar a propagação do fogo;
- Compreender os riscos envolvidos em áreas classificadas;
- Conhecer as especificações de equipamentos elétricos utilizados em áreas classificadas;
- Analisar as consequências de uma explosão em caso de acidente;
- Sugerir métodos de mitigação dos riscos.

## 1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO

O presente trabalho está estruturado em cinco capítulos, descritos resumidamente a seguir.

No Capítulo 2 é apresentada uma breve revisão dos principais conceitos sobre propagação de incêndio em atmosferas explosivas, tais como: triângulo do fogo (combustível, comburente e ignição); a reação em cadeia; a propagação do fogo (condução, convecção e irradiação); ponto de fulgor; temperatura de ignição; limites de inflamabilidade.

O Capítulo 3 expõe estudos sobre os principais conceitos referentes à classificação de áreas onde existe a possibilidade de ocorrer uma atmosfera explosiva. Mostra a divisão das áreas classificadas em Zonas e em Grupos e também mostra as principais especificações que os equipamentos elétricos devem obter para a operação nessas áreas.



No Capítulo 4 são apresentadas duas análises estudos de casos, o acidente ocorrido na P-36 e a classificação da área de uma sala de baterias estacionárias. Ainda foi elaborada uma lista de verificação com o objetivo de avaliar a integridade dos equipamentos e as condições do ambiente. Avalia-se ainda, a importância de aplicar um estudo de classificação de áreas perigosas.

Por fim, o Capítulo 5 apresenta as principais conclusões com relação ao tema proposto neste trabalho, bem como a sugestão de desenvolvimentos futuros, com o propósito de continuar os estudos iniciados pelo presente texto.

## 2 FUNDAMENTOS TEÓRICOS

### 2.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Para iniciar o estudo de classificação de áreas é necessário conhecer algumas propriedades fundamentais das substâncias inflamáveis, bem como a definição de atmosfera explosiva. Também é importante compreender como ocorre a propagação de um incêndio, já que o objetivo da classificação de áreas é evitar uma eventual explosão que possa iniciar um incêndio.

Dessa forma, o objetivo principal deste capítulo é apresentar a definição de conceitos essenciais relacionados com a teoria de áreas classificadas.

### 2.2 ATMOSFERA EXPLOSIVA

O termo “atmosfera explosiva” é utilizado no Brasil para definir uma área onde haja risco de explosão, através de gases ou vapores inflamáveis, ou ainda uma área na qual haja a presença de fibras ou poeiras combustíveis, como por exemplo: carvão, soja, transporte de grãos, usinas de açúcar etc (SILVA, 2014).

A atmosfera é considerada explosiva quando a mistura do ar com substâncias inflamáveis, é tal que poderá inflamar através de uma centelha (faísca, arco elétrico) ou simplesmente uma superfície quente, permitindo a auto sustentação de propagação de chamas (ABNT NBR IEC 60079-14, 2016).

#### 2.2.1 Triângulo do fogo

O triângulo de fogo indica os três elementos que precisam existir para gerar uma combustão. Os elementos são: combustível, comburente (oxigênio) e calor. A Figura 1 ilustra os elementos que combinados geram a reação em cadeia do fogo. Para que a chama se auto sustente é necessário que esses três elementos estejam presentes ao mesmo tempo no ambiente. Basta retirar um dos elementos para que o fogo se extingue e o ambiente esteja seguro (VIEIRA, et al., 2005).



Figura 1 - Triângulo do Fogo

Fonte: (FILHO, 2015)

### 2.2.2 Combustão

Combustão é toda reação química em que um combustível reage com um comburente. Essa reação é sempre exotérmica, ou seja, libera energia na forma de calor. Geralmente, outros produtos são liberados na combustão, como o dióxido de carbono, água, monóxido de carbono, particulados e nitrogênio (VIEIRA, et al., 2005).

A combustão ocorrerá se os três lados do triângulo estiverem presentes simultaneamente. Logo, na ausência de qualquer um desses elementos não haverá nenhum risco de fogo e, em caso de incêndio, a anulação de qualquer elemento do triângulo causará a extinção do fogo. Existem quatro métodos de extinção do fogo (SALIBA, 2004):

- i. A retirada do material combustível é a forma mais simples de extinguir o fogo. Baseia-se em retirar o material combustível, que ainda não foi atingido pelo fogo, da área de propagação do incêndio, eliminando a alimentação da combustão (SALIBA, 2004).
- ii. O resfriamento elimina o calor, ou seja, consiste em diminuir a temperatura do material combustível evitando a liberação de gases ou vapores inflamáveis (SALIBA, 2004).
- iii. O abafamento elimina o oxigênio (comburente). Quando se impede o contato do material combustível com o oxigênio, não haverá reação em cadeia e não haverá fogo (SALIBA, 2004).
- iv. A extinção química é um dos métodos que se mostra bem eficiente na eliminação do fogo. Atualmente extintores com compostos halogenados e pó químico são os mais utilizados nessa categoria. A reação química dos agentes extintores com os produtos derivados da reação de combustão interrompe a reação em cadeia do fogo (SALIBA, 2004).

### **2.2.3 Combustível**

Combustível é o material que, reagindo com o oxigênio, pode entrar em combustão. Entre os combustíveis mais comuns podemos destacar a madeira, xisto, carvão, bagaço de cana, hidrocarbonetos, etc (VIEIRA, et al., 2005).

### **2.2.4 Comburente**

O Comburente é o elemento que faz o combustível entrar em combustão quando ambos entram em contato. O comburente universal é o oxigênio e é comumente encontrado no ar atmosférico (VIEIRA, et al., 2005).

### **2.2.5 Ignição**

A ignição fornece a energia de ativação que a combustão necessita para gerar a reação química exotérmica. O ponto de ignição ocorre quando o combustível atinge uma temperatura na qual libera vapores que entram em ignição na presença de uma fonte externa de calor. Assim a chama se mantém mesmo sem a presença da fonte de calor. Essa temperatura está muito acima do ponto de fulgor (VIEIRA, et al., 2005).

O ponto de fulgor será definido no tópico 2.5, página 21.

## **2.3 REAÇÃO EM CADEIA**

Os combustíveis, após iniciarem a combustão, irradiam mais calor. Esse calor provocará a decomposição do combustível em partículas menores que, combinando com o comburente e o calor irradiado, irão desenvolver uma transformação em cadeia ou reação em cadeia. Em resumo, é o produto de uma transformação gerando outra transformação (VIEIRA, et al., 2005).

## **2.4 PROPAGAÇÃO DO FOGO**

O fogo pode se propagar de três maneiras: pelo contato da chama em outros combustíveis (condução), através do deslocamento de partículas incandescentes (convecção) e pela ação do calor (irradiação) (VIEIRA, et al., 2005).

### **2.4.1 Condução**

É a situação em que o calor se propaga de uma região de alta temperatura para uma região com temperatura mais baixa através de um corpo devido à colisão entre suas moléculas. Este mecanismo pode ser entendido com a transferência de energia cinética de moléculas mais energéticas para as menos energéticas em forma de calor (VIEIRA, et al., 2005).

Por exemplo, quando uma barra de ferro é aquecida em uma de suas extremidades, depois de um tempo a outra extremidade também vai aquecer até que suas temperaturas se igualem. Este fenômeno acontece, pois, ao aquecermos a barra, suas moléculas começam a agitar, causando aumento de sua energia cinética, que se propaga pela barra em forma de calor (VIEIRA, et al., 2005).

### **2.4.2 Convecção**

A convecção consiste no movimento dos fluidos com densidades diferentes. A convecção por ser entendida através do seguinte exemplo: a água que está em um recipiente é aquecida por uma fonte de calor na parte inferior. A parcela de água, que está mais próxima da fonte de calor, se expande tornando-se menos densa. Essa parcela de água aquecida vai se deslocar em direção a parte superior do recipiente e a parcela de água mais fria vai para o fundo. Enquanto a fonte de calor estiver presente, este movimento vai acontecer repetidamente até que a água vaporize (VIEIRA, et al., 2005).

### **2.4.3 Irradiação**

É a propagação de energia térmica que não necessita de um meio material para acontecer, pois o calor se propaga através de ondas. Segundo (VIEIRA, et al., 2005) é possível entender a transferência de calor observando o sol e a terra. O sol aquece a terra sem haver contato entre eles, e sem aquecer o ar atmosférico. Enquanto a terra é aquecida há uma emissão de ondas eletromagnéticas que fazem sua energia térmica aumentar, elevando assim sua temperatura.

## 2.5 PONTO DE FULGOR (FLASH POINT)

O ponto de fulgor é a temperatura mínima na qual o combustível começa a liberar seus vapores suficientes para formar uma mistura inflamável. Porém esses vapores não se sustentam por muito tempo, sendo insuficientes para manter a chama (VIEIRA, et al., 2005).

## 2.6 TEMPERATURA DE IGNIÇÃO

Segundo a ABNT NBR IEC 60079-0, temperatura de ignição é a menor temperatura alcançada em serviço, a qual, sob as condições especificadas, provocará a ignição de uma substância inflamável.

A centelha não é elemento indispensável para se produzir uma explosão. Um equipamento pode, por aquecimento de superfície, atingir a temperatura de inflamação do gás ou do pó, e causar a ignição do combustível. Por isso, a temperatura de ignição é uma propriedade responsável por um parâmetro de marcação obrigatório no equipamento elétrico para área classificada (JORDÃO, 2002).

Conhecer a temperatura de ignição do combustível é de extrema importância para a correta especificação dos equipamentos destinados a atmosfera explosiva (JORDÃO, 2002).

## 2.7 LIMITES DE INFLAMABILIDADE

O limite inferior de inflamabilidade é a mínima concentração de combustível na qual a mistura se torna inflamável, ou seja, abaixo dessa concentração existe excesso de ar, não sendo formada uma atmosfera explosiva. A mistura de oxigênio e combustível é chamada de mistura pobre (VIEIRA, et al., 2005).

O limite superior de inflamabilidade é a máxima concentração de combustível na qual a mistura se torna inflamável, ou seja, a porcentagem de ar da mistura acima desse ponto é tão baixa que ela não se torna inflamável. Acima deste ponto a mistura de oxigênio e combustível é chamada de mistura rica (VIEIRA, et al., 2005).

## 2.8 DENSIDADE RELATIVA

Para entender a densidade relativa, é preciso definir a densidade absoluta. A densidade absoluta é compreendida como a razão entre a massa e o volume de uma substância. Assim a densidade relativa de um gás em relação a outro gás é o quociente entre as densidades absolutas dos dois, ambas sendo medidas nas mesmas condições de temperatura e pressão (ABNT NBR IEC 60079-10-1, 2009).

O ar normalmente é usado como referência para a obtenção da densidade relativa de outros gases. Assim o ar possui densidade relativa igual a 1. Se um gás ou vapor for significativamente mais leve que o ar, ou seja, densidade relativa menor que 1, este tende a subir. E um gás se for significativamente mais pesado que o ar, ou seja, densidade relativa maior que 1, este tende a descer (ABNT NBR IEC 60079-10-1, 2009).

## 2.9 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este capítulo apresentou alguns conceitos relativos a formação e a propagação do fogo, em consequência do surgimento de uma fonte de ignição (faíscas, centelhas ou temperaturas elevadas) em um ambiente com presença de substâncias inflamáveis misturadas com o ar atmosférico. O próximo capítulo apresenta um estudo de classificação de áreas de modo a evitar que equipamentos elétricos se tornem fontes de ignição em atmosferas explosivas.

### 3 CLASSIFICAÇÃO DE ÁREAS PERIGOSAS

#### 3.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Neste capítulo apresenta-se a definição de área classificada, bem como sua divisão em Zonas 0, 1 e 2 para gases, vapores e névoas inflamáveis, e em Zonas 20, 21 e 22 para poeiras combustíveis. O objetivo da classificação de áreas é mapear as zonas de risco de explosão para evitar possíveis centelhamentos. É aconselhável que os equipamentos elétricos sejam instalados somente em áreas não classificadas, contudo, se for necessário instalá-los em áreas classificadas, eles devem ser selecionados com a proteção adequada para cada zona de risco.

#### 3.2 ÁREA CLASSIFICADA

A norma (ABNT NBR IEC 60079-10-1, 2009) define área classificada (devido a atmosferas explosivas de gás) como: “área na qual uma atmosfera explosiva de gás está presente ou é esperada para estar presente em quantidades tais que requeiram precauções especiais para a construção, instalação e utilização de equipamentos”.

Já a norma (ABNT NBR IEC 60079-10-2, 2016) define área classificada (devido à poeira combustível) como: “área na qual a poeira combustível está presente na forma de uma nuvem, ou pode-se esperar que esteja presente, em quantidades tais que requeiram precauções especiais para construção, instalação e utilização de equipamentos”.

Assim, a área classificada é entendida como o local sujeito à probabilidade de existência de uma atmosfera explosiva formada por gases ou poeiras combustíveis misturados com o ar.

O profissional que trabalha em áreas classificadas deve sempre procurar eliminar ou mitigar os riscos em níveis aceitáveis (JORDÃO, 2002):

- Trabalho de prevenção: evitar formação de atmosferas explosivas;
- Instalação de equipamentos elétricos adequados: equipamentos à prova de explosão (equipamentos “EX”) certificados.

As áreas classificadas foram divididas em zonas em função da duração da presença de atmosferas explosivas:

- Gases ou Vapores combustíveis: Zona 0, Zona 1 e Zona 2;
- Poeiras combustíveis: Zona 20, Zona 21 e Zona 22.



### 3.3 CONCEITOS DE ZONAS PARA GASES E VAPORES COMBUSTÍVEIS

Antes de conceituar as Zonas é importante observar algumas substâncias, destacando seus limites de inflamabilidade, temperatura de ignição e ponto de fulgor. Também se destaca a Classe de Temperatura e o Grupo que serão descritos nos tópicos a seguir. A Tabela 1 apresenta as características de inflamabilidade de alguns gases e vapores combustíveis.

Tabela 1 – Dados de inflamabilidade de algumas substâncias.

Substância	Densidade rel. (Ar=1)	Ponto de Fulgor (°C)	Limites de Inflam. (% Vol)		Temp. de ignição (°C)	Classe de Temp.	Grupo
			Inferior	Superior			
Metano (grisu)	0,55	-	4,4	17,0	595	T1	I
Ácido acético	2,07	39	4,00	19,9	510	T1	IIA
Amônia	0,59	-	15,00	36,6	630	T1	IIA
Benzeno	2,70	-11	1,2	8,6	498	T1	IIA
Etano	1,04	-	2,4	15,5	515	T1	IIA
Acetato de n-butila	4,01	22	1,2	8,5	390	T2	IIA
Butanol	2,55	35	1,40	12,0	343	T2	IIA
Propano	1,56	-	1,7	10,9	450	T2	IIA
Etanol	1,59	12	2,1	19,0	363	T2	IIA
Ciclohexano	2,83	-17	1,0	11,1	244	T3	IIA
Etileno	0,97	-	2,3	36,0	425	T2	IIB
Eteno	0,97	-	2,3	36,0	440	T2	IIB
Etilenimina	1,50	-11	3,3	53,8	320	T2	IIB
Éter etílico	2,55	-45	1,7	36,0	160	T4	IIB
Hidrogênio	0,07	-	4,00	77,0	560	T1	IIC
Acetileno	0,90	-	2,3	100,0	305	T2	IIC
Dissulfeto de carbono	2,64	-30	0,6	60,0	90	T6	IIC

Fonte: Adaptado da norma ABNT NBR IEC 60079-20-1:2011

A norma (ABNT NBR IEC 60079-10-1, 2009) mostra como as áreas, com fontes de gases ou vapores combustíveis, são classificadas em função da frequência e da duração da presença de atmosferas explosivas, nas seguintes zonas:

- **Zona 0:** área onde existe, permanentemente ou durante longos períodos de tempo ou com frequência, uma atmosfera explosiva constituída por uma mistura de gás, vapor ou névoa inflamável, com o ar;
- **Zona 1:** área onde é provável, em condições normais de funcionamento, a formação ocasional de uma atmosfera explosiva constituída por uma mistura de gás, vapor ou névoa inflamável, com o ar;
- **Zona 2:** área onde não é provável, em condições normais de funcionamento, a formação de uma atmosfera explosiva constituída por uma mistura de gás, vapor ou névoa inflamável, com o ar, ou área onde a atmosfera explosiva, caso se verifique, seja de curta duração.

### 3.3.1 Classe de Temperatura

Além de definir os zoneamentos da área classificada também é importante determinar a classe de temperatura. Segundo a norma (ABNT NBR IEC 60079-14, 2016) os equipamentos elétricos presentes numa área classificada podem se converter em fontes de ignição também por superaquecimento. Portanto, a classe de temperatura do equipamento é uma informação fornecida pelo fabricante de que este equipamento, mesmo em condição de falha, não atingirá em sua superfície um valor acima da marcação, de acordo com a seguinte Tabela 2:

Tabela 2 - Relação entre temperatura de ignição do gás ou vapor e classe de temperatura do equipamento.

Classe de temperatura requerida pela classificação de área	Temperatura de autoignição do gás ou vapor em °C	Classe de temperatura permitida dos equipamentos "EX"
T1	>450	T1 – T6
T2	>300	T2 – T6
T3	>200	T3 – T6
T4	>135	T4 – T6
T5	>100	T5 – T6
T6	>85	T6

Fonte: (ABNT NBR IEC 60079-14, 2016)

### 3.4 CONCEITO DE ZONAS PARA POEIRA COMBUSTÍVEL

O processo ou armazenagem de poeira nas indústrias alimentícias, de tecidos, de madeiras, borracha, metais, entre outras, oferece risco potencial de explosão. Portanto, estas áreas merecem atenção especial e as instalações elétrica devem ser adequadas. Alguns desses produtos mais comuns são mostrados na Tabela 3 (ABPEX, 2016).

A poeira oferece risco de explosão quando misturada com ar em forma de nuvens ou quando fica depositada sobre os equipamentos elétricos. Neste caso, o risco de explosão é potencial devido à capacidade desses equipamentos de produzirem calor, podendo iniciar um processo de combustão e provocar incêndios de grandes proporções (SILVA, 2014)

**Tabela 3 - Parâmetros de explosividade de alguns produtos que podem forma poeiras combustíveis.**

<b>Tipo de Poeira</b>	<b>Temperatura Mínima de Ignição [°C]</b>	<b>Concentração Mínima de Explosividade [g/m³]</b>
Açúcar	370	45
Enxofre	190	35
Cacau Industrial	510	75
Carvão	610	55
Celulose	410	45
Coque de Petróleo	670	1000
Cortiça	460	35
Difenil	630	15
Epóxi, Resinas	490	15
Ferro manganês	450	130
Grãos	430	55
Levedura	520	50
Poliacetato de vinila	450	40
Poliestireno	500	20
Poliuretano, Espuma	510	30
Vitamina C	460	70

Fonte: (ABPEX, 2016)

A norma (ABNT NBR IEC 60079-10-2, 2016) mostra como as áreas, com fontes de poeiras combustíveis, são classificadas em função da frequência e da duração da presença de atmosferas explosivas, nas seguintes zonas:

- **Zona 20:** área onde existe permanentemente ou durante longos períodos de tempo ou com frequência uma atmosfera explosiva sob a forma de uma nuvem de poeira combustível;
- **Zona 21:** área onde é provável, em condições normais de funcionamento, a formação ocasional de uma atmosfera explosiva sob a forma de uma nuvem de poeira combustível;
- **Zona 22:** área onde não é provável, em condições normais de funcionamento, a formação de uma atmosfera explosiva sob a forma de uma nuvem de poeira combustível, ou onde essa formação, caso se verifique, seja de curta duração.

A Tabela 4 mostra a relação da divisão das áreas classificadas em zonas, com atmosferas explosivas para gases e vapores combustíveis e poeiras combustíveis. Já Figura 2 mostra um exemplo de um posto de gasolina onde estão definidas as extensões das Zonas. A Zona 0 é marcada no interior do tanque de combustível, a Zona 1 é marcada próxima aos bocais de abertura do tanque e a Zona 2 é marcada nas proximidades do tanque.

Tabela 4 - Classificação de áreas: definição de Zonas.

Gases ou Vapores combustíveis	Poeiras combustíveis	Descrição
Zona 0	Zona 20	Atmosfera explosiva está continuamente presente ou existe por longos períodos.
Zona 1	Zona 21	Atmosfera explosiva poderá estar presente em operação normal.
Zona 2	Zona 22	Atmosfera explosiva improvável de acontecer e se acontecer será em curto período.

Fonte: (ABNT NBR IEC 60079-10-1, 2009) e (ABNT NBR IEC 60079-10-2, 2016).

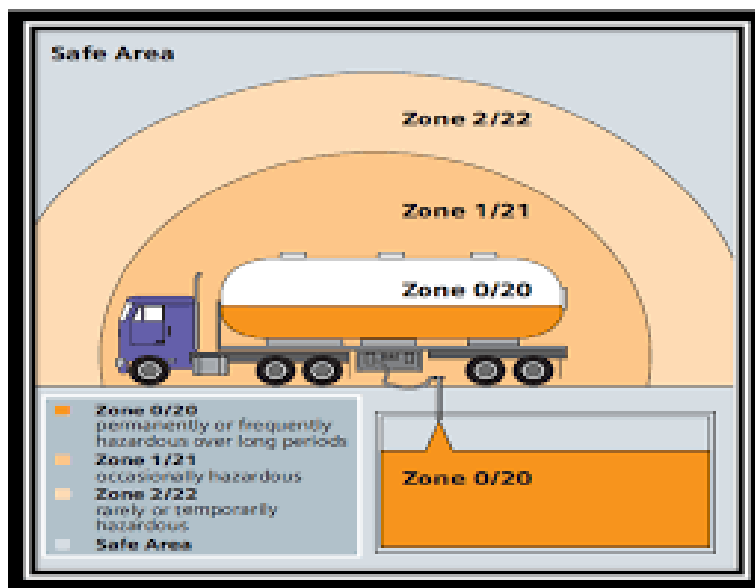


Figura 2 - Ilustração dos tipos de Zonas.

Fonte: (FERRI, 2016)

### 3.5 GRUPO DE EQUIPAMENTO

A norma (ABNT NBR IEC 60079-0, 2013) separa os ambientes de atmosfera explosiva em três grupos. A Tabela 5 é utilizada para a seleção de equipamentos elétricos de acordo com cada grupo e subgrupo. Segue a classificação dos grupos:

- Grupo I: os equipamentos são projetados para trabalhar em minas de carvão onde existe a presença do gás metano que, combinado com o ar, gera uma mistura inflamável chamada grisú (atmosfera explosiva típica de minas de carvão).
- Grupo II: os equipamentos elétricos são projetados para operar em locais com uma atmosfera explosiva de gás em indústrias de superfície, ou seja, que não se encontram em minas com presença de grisú. Considerando as substâncias inflamáveis presentes nas indústrias, o Grupo II foi subdividido em três subgrupos.:
  - No subgrupo IIA estão os gases da família dos hidrocarbonetos representados pelo gás propano;
  - No subgrupo IIB estão os gases da família do etileno;
  - No subgrupo IIC estão os gases da família do acetileno e hidrogênio;

- Grupo III: os equipamentos elétricos são projetados para operar em locais com uma atmosfera explosiva de poeiras combustíveis, que não se encontram em minas com presença de grisú. Este grupo é subdividido de acordo com o tipo de poeira que envolve a atmosfera explosiva:
  - O grupo IIIA é representado pelas fibras combustíveis;
  - O grupo IIIB é representado pelas poeiras não condutoras;
  - O grupo IIIC é representado pelas poeiras condutoras;

**Tabela 5 - Relação entre Grupo e Subgrupo do gás, vapor ou poeira e Grupo e Subgrupo do equipamento.**

Fonte: Adaptado de (ABNT NBR IEC 60079-14, 2016)

<b>Grupo</b>	<b>Subgrupo da área classificada por gás, vapor ou poeira</b>	<b>Subgrupo permitido para equipamento</b>
I - Minas	I – Metano (Grisú)	I
	IIA – Propano	IIA, IIB ou IIC
II - Gases inflamáveis	IIB – Etileno	IIB ou IIC
	IIC – Acetileno	IIC
	IIIA – Fibras combustíveis	IIIA, IIIB ou IIIC
III - Poeiras combustíveis	IIIB – Poeiras não condutivas	IIIB ou IIIC
	IIIC – Poeiras condutivas	IIIC

Fonte: Adaptado de (ABNT NBR IEC 60079-14, 2016)

### 3.6 EPL - *EQUIPMENT PROTECTION LEVEL*

O EPL é conhecido como Nível de Proteção de Equipamento e é utilizado para marcar os equipamentos elétricos utilizados em áreas classificadas. Segundo a norma (ABNT NBR IEC 60079-0, 2013): “EPL é o nível de proteção atribuído ao equipamento baseado em sua probabilidade de se tornar uma fonte de ignição e distinguindo as diferenças entre atmosfera explosiva de gás, atmosfera explosiva de poeira e atmosfera explosiva em minas suscetível ao grisú”.

O EPL é identificado por duas letras. A primeira letra, em maiúsculo, se refere ao local onde o equipamento será instalado de acordo com a atmosfera explosiva: minas, gás ou poeira. As letras são M (Mining), G (Gas) ou D (Dust). Já a segunda letra, em minúsculo, designa o nível de proteção quanto à sua proporção: muito alto, alto ou elevado. Assim, a letra “a” é usada para determinar nível de proteção muito alto o qual o equipamento elétrico oferece segurança mesmo se deixado energizado durante a presença de gás na atmosfera. São projetados dois meios independentes de proteção ou segurança, mesmo quando da ocorrência de duas falhas, independentemente uma da outra. Se o equipamento estiver marcado com EPL Ga ou Da ele pode continuar funcionando em qualquer Zona (Zonas 0, 1 e 2 para gás ou Zonas 20, 21 e 22 para poeira). A letra “b” representa a proteção do equipamento elétrico em nível alto, de modo que não permite ele se tornar uma fonte de ignição em operação normal ou durante mau funcionamento, considerando que falhas podem ocorrer. Se o equipamento estiver marcado com EPL Gb ou Db ele pode continuar funcionando nas Zonas 1 e 2 para gás ou Zonas 21 e 22 para poeira, e deve ser desligado na Zona 1 ou na Zona 21. E, por fim, a letra “c” marca a proteção do equipamento elétrico em nível elevado, ou seja, adequado para operação normal. O equipamento marcado com EPL Gc ou Dc somente poderá continuar funcionando na Zona 2 para gás ou na Zona 22 para poeira. A Tabela 6 mostra a identificação do EPL (ABNT NBR IEC 60079-0, 2013).

**Tabela 6 - Designação de EPL (*Equipment Protection Level*)**

<b>Combustível presente na instalação</b>		<b>Nível de proteção proporcionado</b>	
<b>M</b>	<i>Mining</i> (Minas de carvão)	<b>a</b>	Muito alto
<b>G</b>	<i>Gas</i> (gás)	<b>b</b>	Alto
<b>D</b>	<i>Dust</i> (poeiras combustíveis)	<b>c</b>	Elevado

Fonte: (COBEI)

O Nível de Proteção de Equipamentos é relacionado com a classificação de áreas por Zonas e Grupo para gases e poeiras combustíveis. A Tabela 7 mostra a seleção do EPL de acordo com as Zonas. (COBEI)

**Tabela 7 - Seleção do EPL de acordo com a Zona da área classificada.**

<b>Zona</b>	<b>Grupo</b>	<b>EPL</b>
0		Ga
1	II – gases inflamáveis	Ga ou Gb
2		Ga, Gb ou Gc
20		Da
21	III – poeiras combustíveis	Da ou Db
22		Da, Db ou Dc

Fonte: (COBEI)

### 3.7 TIPOS DE PROTEÇÃO

Os equipamentos elétricos instalados em área classificada podem se tornar fontes de ignição pela possibilidade de emitir arcos e faíscas causadas por abertura e fechamento de circuitos elétricos, ou por superaquecimento, ou até por alguma eventual falha. Para prevenir uma explosão e evitar danos às instalações é essencial uma gestão de área de risco que inclua o uso de equipamentos elétricos com a proteção adequada para evitar que eles se tornem fontes de ignição (JORDÃO, 2002).

#### 3.7.1 Invólucro à prova de Explosão (Ex d)

Este tipo de proteção se baseia na ideia de confinamento da fonte de ignição. Consiste em um modo de proteção em que o equipamento é fechado no interior de um invólucro, que resiste à pressão desenvolvida numa eventual explosão interna, impedindo a propagação para o meio externo. O invólucro a prova de explosão é construído com material resistente, normalmente alumínio ou ferro fundido (JORDÃO, 2012).



Os cabos elétricos ligados ao invólucro devem ser conduzidos por eletrodutos metálicos e para evitar a propagação de uma explosão interna e a passagem de gás através das entradas e saídas de cabo do invólucro, devem ser instaladas unidades seladoras. Estas unidades consistem de um tubo roscado para união do eletroduto com o invólucro e são preenchidas com um composto selante específico e fibra de retenção que impedem a propagação das chamas através dos cabos (SILVA, 2014).

Os invólucros a prova de explosão não são indicados para Zona 0, pois a integridade do grau de proteção depende de uma correta instalação e manutenção. Esta proteção é aplicada para diversas instalações com atmosferas explosivas, tais como: painéis de motores, luminárias, projetores, caixas de junção, chaves de comando (SILVA, 2014).

### **3.7.2 Imerso em Óleo (Ex o)**

O equipamento elétrico é imerso em um invólucro contendo óleo isolante, de forma a não causar ignição de uma atmosfera inflamável acima do líquido ou na parte externa do invólucro. Deste modo é feita uma segregação das partes do equipamento que podem causar ignição imergindo-as em óleo. Esta proteção é utilizada em transformadores e outros equipamentos que possuem enrolamentos (JORDÃO, 2012).

### **3.7.3 Imerso em Areia (Ex q)**

O invólucro, que contém as partes que podem servir de fonte de ignição para uma atmosfera explosiva, é imerso em um material de enchimento (quartzo ou areia) de modo a evitar contato com a atmosfera explosiva externa. Esta proteção é aplicada para fusíveis, capacitores, reatores eletrônicos de lâmpadas fluorescentes em luminárias de segurança aumentada etc (JORDÃO, 2012).

### **3.7.4 Imerso em resina (Ex m)**

As partes que podem causar ignição são encapsuladas por uma resina de modo a não conseguir inflamar uma atmosfera explosiva externa. Esta proteção é aplicada para válvulas solenoides, sensores de proximidade, transformadores de controle, reatores com enrolamento para luminárias de lâmpadas fluorescentes etc (JORDÃO, 2012).

Os equipamentos elétricos de imersos em resina são classificados em três categorias. Na categoria “Ex ma” o equipamento não é capaz de causar ignição em condições normais e anormais de operação e em caso de ocorrência de falhas definidas e consecutivas. Na categoria “Ex mb” o equipamento não é capaz de causar ignição em condições normais de operação e em caso de ocorrência de falhas definidas. E na categoria “Ex mc” o equipamento não é capaz de causar ignição em condições normais de operação (JORDÃO, 2012).

### **3.7.5 Segurança Aumentada (Ex e)**

O equipamento elétrico de segurança aumentada é aquele fabricado com medidas adicionais de proteção que, sob condições normais de operação, não produz faíscas, arcos ou superfícies quentes que podem se tornar uma fonte de ignição. Equipamentos em que existe a possibilidade de gerar arcos ou superfícies com temperatura elevada, durante seu funcionamento normal, não podem ser fabricados apenas com segurança aumentada. Equipamentos típicos com segurança aumentada são os motores de indução, transformadores de potência e de medição, luminárias para lâmpadas fluorescentes, lanternas de mão, baterias, caixas de ligação etc. Esta medida de proteção é indicada para Zonas 1 e 2 (BULGARELLI, 2015).

### 3.7.6 Invólucros Pressurizados (Ex p)

Esta proteção consiste em manter uma pressão positiva, no interior do invólucro, superior à pressão atmosférica, evitando que uma eventual atmosfera explosiva entre em contato com as partes do equipamento que podem causar ignição. Esta pressurização é realizada com auxílio de válvulas reguladoras para o controle de pressão e normalmente é feita utilizando ar limpo, porém um gás inerte também pode ser utilizado. Este método de proteção é dividido em três tipos: “Ex px”, “Ex py” e “Ex pz”. No tipo “px” a pressurização é realizada com compensação de perdas e possibilita a operação do equipamento em Zona 1. Já no tipo “py” a pressurização é acompanhada de uma purga contínua para diluição dos gases que podem surgir no interior do invólucro, assim possibilita a operação do equipamento em Zona 1 e 2. E o tipo “pz” consiste em manter uma pressurização estática possibilitando a operação em Zona 2 (BULGARELLI, 2010).

A pressurização por invólucro é aplicada para motores elétricos, painel de controle, invólucros de instrumentação e invólucros em geral (JORDÃO, 2012).

### 3.7.7 Segurança Intrínseca (Ex i)

Em condições normais ou anormais de operação, um dispositivo ou circuito elétrico é incapaz de liberar energia suficiente capaz de inflamar a atmosfera explosiva. Por definição, os circuitos de segurança intrínseca são aplicados a equipamentos que operam em níveis muito baixos de energia e possuem um dispositivo associado chamado de barreira de segurança intrínseca, capaz de limitar a energia de modo a não causar uma ignição (JORDÃO, 2012).

Os equipamentos elétricos de segurança intrínseca são classificados em três categorias. Na categoria “Ex ia” os equipamentos mantêm a segurança intrínseca mesmo com a ocorrência de duas falhas consecutivas, assim esta é a única solução para utilização em Zona 0. Na categoria “Ex ib” os equipamentos são capazes de manter a segurança intrínseca após a aplicação de uma falha, deste modo pode ser utilizado em Zona 1. E na categoria “Ex ic” os equipamentos não devem causar ignição, sendo assim projetados para operação normal e aplicáveis em Zona 2 (JORDÃO, 2012).

Como este método de proteção é aplicado para equipamentos com baixos níveis de energia, encontramos neste grupo os equipamentos de instrumentação, automação e controle (JORDÃO, 2012).

### 3.7.8 Não acendível (Ex n)

Proteção aplicada a equipamentos elétricos de modo que, em funcionamento normal e em certas condições anormais específicas, não permita a inflamação da atmosfera explosiva circundante. Esta proteção é aplicada a equipamentos que não estão cobertos por nenhum método de proteção, mas que são considerados seguros em áreas classificadas, após realização de testes. Esta proteção é dividida em diferentes categorias: sem produção de faíscas (nA), com produção de faíscas, porém protegido hermeticamente (nC), e encapsulados de respiração limitada (nR) (JORDÃO, 2012).

### 3.7.9 Proteção por invólucro (Ex t)

Esta proteção é realizada através de um invólucro que impede a entrada de poeira nos equipamentos elétricos. Ela é indicada para proteção de equipamentos instalados em locais com presença de poeira combustível. A proteção “Ex t” é dividida em três níveis de EPL (ORSOLON, 2016):

- “Ex ta” para EPL Da: indicado para Zona 20, 21 e 22;
- “Ex tb” para EPL Db: indicado para Zona 21 e 22;
- “Ex tc” para EPL Dc: indicado para Zona 22.

### 3.7.10 Especial (Ex s)

Método de prevenção de explosão, que ainda não está definido por nenhuma norma técnica, mas que foi desenvolvido e comprovado por ensaios que é seguro para a instalação em área classificada. A proteção “Ex s” foi criada para possibilitar a criação de novas barreiras contra explosões equivalentes às existentes. (JORDÃO, 2012)

A Tabela 1 Tabela 8 apresenta um resumo dos equipamentos Ex, bem como sua descrição, as zonas aplicáveis, o nível de proteção de equipamento e a norma ABNT de referência. Este resumo mostra a simbologia utilizada para identificação e marcação dos equipamentos conforme a norma (ABNT NBR IEC 60079-0, 2013).

Tabela 8 - Aplicação dos equipamentos Ex em função do zoneamento

<b>Tipo de Proteção</b>	<b>Descrição</b>	<b>Combustível</b>	<b>EPL</b>	<b>Zonas</b>	<b>Norma (ABNT NBR IEC)</b>
Ex d	A prova de explosão	Gás	Mb ou Gb	1	60079-1
Ex o	Imerso em óleo	Gás	Gb	1	60079-6
Ex q	Imerso em areia	Gás	Mb ou Gb	1	60079-5
Ex ma	Imerso em resina	Gás ou Poeira	Ma ou Ga ou Da	0 ou 20	60079-18
Ex mb			Mb ou Gb ou Db	1 ou 21	
Ex mc			Gc ou Dc	2 ou 22	
Ex e	Segurança Aumentada	Gás	Mb ou Gb	1	60079-7
Ex px	Pressurizado	Gás	Mb ou Gb	1	60079-2
Ex py			Gb	1	
Ex pz			Gc	2	
Ex p		Poeira	Db ou Dc	21 ou 22	
Ex ia	Segurança intrínseca	Gás ou Poeira	Ma ou Ga ou Da	0 ou 20	60079-11
Ex ib			Mb ou Gb ou Db	1 ou 21	
Ex ic		Gás	Gc	2	
Ex nA	Não acendível	Gás	Gc	1	60079-15
Ex nC			Gc	1	
Ex nR			Gc	1	
Ex ta	Proteção por invólucro	Poeira	Da	20	60079-31
Ex tb			Db	21	
Ex tc			Dc	22	
Ex s	Especial	Gás ou Poeira	Todos	Todas	60079-33

Fonte: adaptado de (SILVA, 2014)

### 3.8 GRAU DE PROTEÇÃO IP

O Grau de Proteção ou Índice de Proteção IP é definido pelas normas ABNT NBR IEC 60529 (Graus de proteção para invólucros de equipamentos elétricos) e ABNT NBR IEC 60034-5 (Graus de proteção proporcionados pelo projeto completo de máquinas elétricas girantes).

O grau de proteção IP de um equipamento é um código que representa a capacidade de proteção, por meio de um invólucro, contra a entrada de sólidos e água no seu interior, tendo sua proteção sido verificada em ensaios. O código IP é normalmente apresentado em dois dígitos no qual o primeiro dígito (0 a 6) se refere ao grau de proteção contra a penetração de sólidos no seu interior e o segundo dígito (0 a 9) se refere às medidas que foram tomadas para impedir a entrada de líquidos no seu interior. O código ainda pode conter letras adicionais e letras suplementares em caráter opcional. A

**Tabela 9, a Tabela 10, a Tabela 11 e a**

Tabela 12 apresentam a descrição de cada dígito presente no código IP (ABNT NBR IEC 60529, 2017).

**Tabela 9 - Grau de proteção contra a penetração de objetos sólidos estranhos indicados pelo primeiro numeral característico.**

<b>Primeiro Dígito</b>	<b>Descrição</b>
0	Não protegido
1	Protegido contra objetos sólidos de dimensão maior que 50 mm
2	Protegido contra objetos sólidos de dimensão maior que 12,5 mm
3	Protegido contra objetos sólidos de dimensão maior que 2,5 mm
4	Protegido contra objetos sólidos de dimensão maior que 1,0 mm
5	Protegido contra ingresso de poeira
6	Totalmente protegido contra o ingresso de poeira

Fonte: Adaptado de (ABNT NBR IEC 60529, 2017)

Tabela 10 - Grau de proteção contra a penetração d'água indicados pelo segundo numeral característico.

<b>Segundo Dígito</b>	<b>Descrição</b>
0	Não protegido
1	Protegido contra queda vertical de gotas de água
2	Protegido contra quedas de gota de água com inclinação de até 15° com a vertical
3	Protegido contra água aspergida
4	Protegido contra projeções de água
5	Protegido contra jatos de água
6	Protegido contra jatos potentes de água
7	Sob determinadas condições de tempo e pressão, não há ingresso de água
8	Adequado à submersão contínua sob condições específicas
9	Protegido contra jato de água de alta pressão e alta temperatura

Fonte: Adaptado de (ABNT NBR IEC 60529, 2017)

Tabela 11 - Significado da letra adicional no código IP.

<b>Letra Adicional (opcional)</b>	<b>Contra acesso a partes perigosas com:</b>
A	Dorso da mão
B	Dedo
C	Ferramenta
D	Fio

Fonte: Adaptado de (ABNT NBR IEC 60529, 2017)

Tabela 12 - Significado da letra suplementar no código IP.

<b>Letra Suplementar (opcional)</b>	<b>Informação suplementar específica para:</b>
H	Equipamentos de alta tensão
M	Em movimento durante o ensaio com água
S	Em repouso durante o ensaio com água
W	Condições climáticas

Fonte: Adaptado de (ABNT NBR IEC 60529, 2017)

O Grau de Proteção é uma informação importante para os equipamentos elétricos Ex, pois eles são montados com portas, tampas, eixos, hastes e apoios. Quando se trata de equipamentos tipo Ex e, Ex p e Ex t, a característica do grau de proteção também é avaliada em ensaios e atestada por órgão certificador (BULGARELLI, 2017).

### 3.9 MARCAÇÃO DE EQUIPAMENTOS

A norma ABNT NBR IEC 60079-0 tem como um de seus objetivos especificar os requisitos gerais para marcação de equipamentos elétricos e componentes Ex instalados em atmosferas explosivas.

A marcação do equipamento deve ser feita na parte exterior e dever ser visível após a instalação do equipamento. Para ambientes com presença de gás a marcação deve ser composta basicamente por: símbolo Ex, tipo de proteção, grupo, classe de temperatura (apenas para equipamentos do grupo II) e EPL. Já para ambientes com presença de poeiras combustíveis a marcação deve ser composta basicamente por: símbolo Ex, tipo de proteção, grupo, a máxima temperatura de superfície e EPL (ABNT NBR IEC 60079-0, 2013).

O logo INMETRO também deve estar presente na marcação dos equipamentos. Todos os materiais destinados às instalações elétricas em atmosferas potencialmente explosivas estão sujeitos a certificação compulsória conforme legislação. O certificado de conformidade Ex é realizado e emitido pelo OCP (Organismo de Certificação de Produto) conforme requisitos de avaliação da conformidade de equipamentos elétricos para atmosferas explosivas. O OCP é um organismo de certificação credenciado pelo INMETRO que conduz e concede a certificação de conformidade seguindo os critérios de ensaios estabelecidos pela Portaria nº 179 de 18 de maio de 2010 e pela mais recente Portaria nº 89 de 23 de fevereiro de 2012. A Figura 3 ilustra a marcação de equipamentos elétricos para áreas classificadas (JORDÃO, 2012).



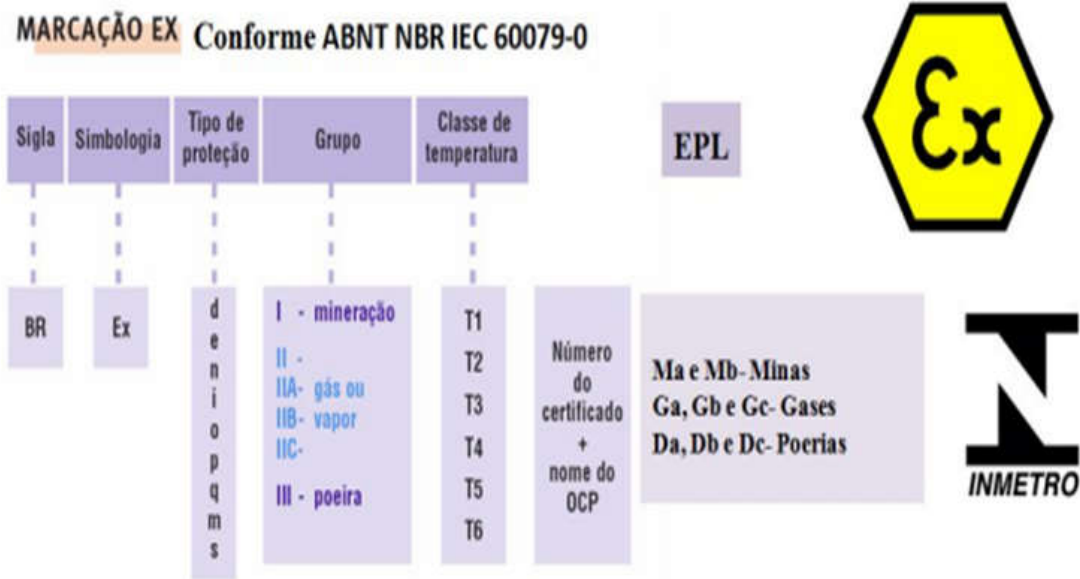


Figura 3 - Marcação dos equipamentos Ex conforme (ABNT NBR IEC 60079-14, 2016)

Fonte: (SILVA, 2009)

### 3.10 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste capítulo foram mostrados os principais conceitos sobre atmosferas explosivas e áreas classificadas. No final do capítulo foi mostrado um resumo da marcação do equipamento elétrico sendo possível observar que estes equipamentos devem seguir vários critérios das normas IEC ABNT NBER de modo a garantir a segurança nestes locais de riscos de explosão. No capítulo 4 são apresentados alguns casos onde os conceitos de áreas classificadas devem ser aplicados.

## **4 ANÁLISE DA CLASSIFICAÇÃO DE ÁREAS NO ACIDENTE DA P-36 E EM UMA SALA DE BATERIAS.**

### **4.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS**

Neste capítulo serão analisados dois casos, relacionados ao tema proposto, que ilustram a necessidade de aplicar a classificação de áreas. A primeira análise realizada foi sobre envolve o acidente ocorrido na plataforma de produção de petróleo P-36, com o objetivo de relacionar as possíveis causas do acidente à classificação de áreas perigosas. E a segunda análise, trata das salas equipadas com baterias do tipo chumbo-ácidas, que operam como fonte alternativa de energia e que, nesta condição, se tornam uma fonte de risco. Assim, o objetivo deste capítulo é analisar a importância da adequação e classificação de áreas perigosas, como forma de prevenção de acidentes.

### **4.2 ACIDENTE NA PLATAFORMA P-36**

Em 15 de Março de 2001, a plataforma P-36 estava ancorada no Campo de Roncador, na Bacia de Campos, e produzia diariamente cerca de 84.000 barris de petróleo e 1.300.000 m<sup>3</sup> de gás. Na época esta era a plataforma que tinha a maior produção de petróleo no Brasil. Estavam embarcadas 175 pessoas naquela ocasião em que ocorreu uma sequência de explosões causando a perda de onze vidas e posteriormente o naufrágio da P-36. O acidente levou a Agência Nacional do Petróleo (ANP) e a Diretoria de Portos e Costas (DPC) a criarem uma comissão de investigação do acidente. A Figura 4 mostra a plataforma P-36 adernada após o acidente (JUNIOR, et al., 2001).



Figura 4 - Plataforma P-36 adernada.

Fonte: (O GLOBO)

Segundo o relatório de investigação, a primeira explosão, ocorrida à 00:22 h, foi relacionada à operação de esgotamento do tanque de drenagem de emergência da coluna de popa (secção traseira da embarcação) bombordo. Os tanques de popa bombordo (bordo à esquerda) e boreste (bordo à direita) operavam em pressão atmosférica e eram interligados pela mesma linha de admissão e se localizavam no quarto piso de suas respectivas colunas de sustentação da plataforma. Cada coluna possuía 5 níveis, sendo o primeiro nível localizado na extremidade superior e o quinto nível na extremidade inferior. A bomba de esgotamento do tanque de boreste havia sido retirada para manutenção, a válvula de admissão do tanque havia sido fechada e a linha de suspiro do tanque estava bloqueada. O *manifolde* de produção foi alinhado para possibilitar o esgotamento do tanque de popa bombordo e em seguida foi dado o comando de partida da bomba, mas ocorreram problemas que impossibilitaram a sua partida. Durante esse período de tempo ocorreu fluxo reverso nas linhas, ocasionando entrada de fluido de hidrocarbonetos no tanque de boreste mesmo após o bloqueio da válvula de admissão do tanque. O tanque de boreste, mesmo fora de operação, teve uma elevação de sua pressão interna, porque a válvula de admissão permitiu passagem do fluido durante toda a operação de esgotamento do tanque de bombordo e sua linha de alívio estava bloqueada. Na Figura 5 é possível visualizar como os dois tanques eram interligados e como o tanque de boreste recebeu

o fluido com presença de óleo e gás indevidamente. Ao atingir uma pressão de aproximadamente 10 bar ocorreu a ruptura do tanque de boreste, liberando água misturada com hidrocarbonetos no convés, e em seguida aconteceu a primeira explosão (JUNIOR, et al., 2001).

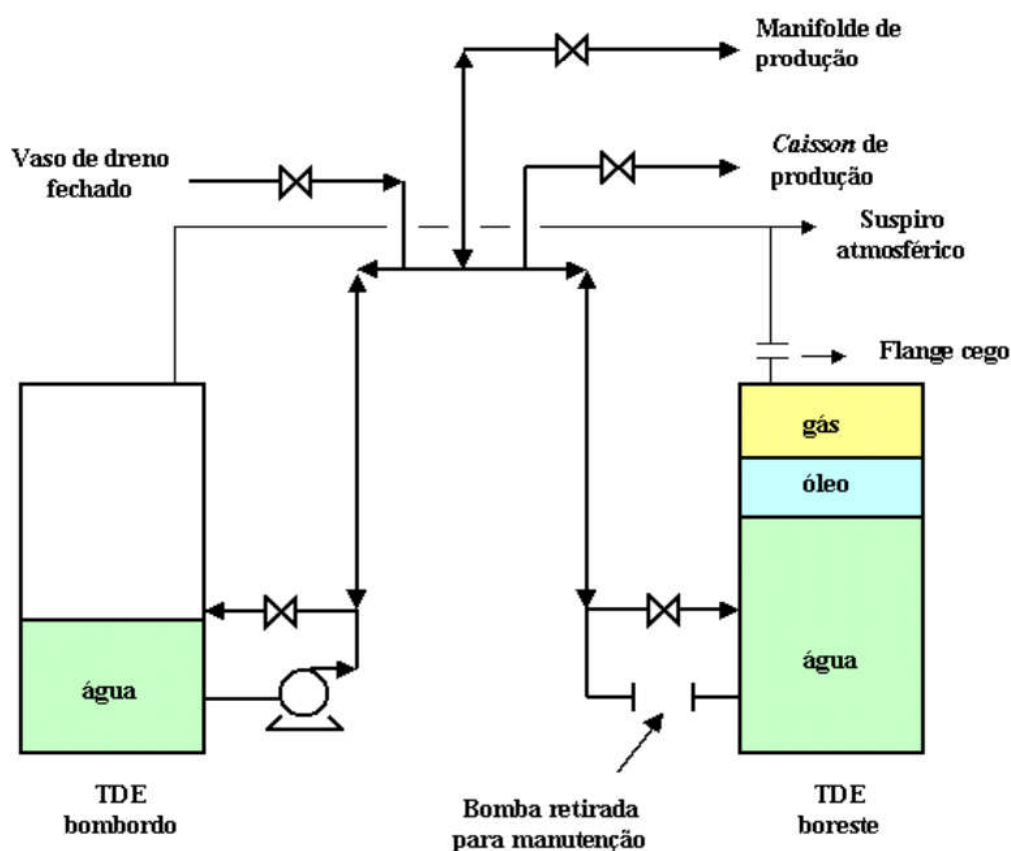


Figura 5 - Fluxograma de processo dos tanques de drenagem de emergência na ocasião da primeira explosão

Fonte: (JUNIOR, et al., 2001)

Após a primeira explosão, a equipe de emergência foi acionada. A equipe seguiu para vistoria do local do acidente. Após a abertura de uma escotilha que dava acesso do 3º para o 4º deck, verificou-se que havia gás liberado no ambiente, em fluxo ascendente. O gás escapou para os níveis superiores, culminando numa segunda explosão que vitimou 11 integrantes da equipe de emergência. As explosões causaram danos estruturais na plataforma, provocando o adernamento (inclinação) da embarcação até que, no dia 20 de março, após várias tentativas de estabilização, a plataforma P-36 submergiu totalmente (JUNIOR, et al., 2001).

Segundo o relatório da comissão de investigação ANP / DCP foram encontradas não conformidades relativas à classificação da área de risco em torno desses tanques. O terceiro e o quarto níveis da coluna não foram classificados como zonas de risco, impossibilitando a detecção imediata do gás liberado pelo tanque de boreste e não sendo planejados e instalados equipamentos elétricos específicos à prova de explosão e um meio de dispersão da atmosfera explosiva.

#### 4.3 BATERIAS DE CHUMBO-ÁCIDO

As baterias de chumbo-ácido são usadas para diferentes fins. Podem ser utilizadas como fonte de energia em veículos automotores e em escala industrial como fonte alternativa em *no-breaks* (aplicação estacionária). As baterias estacionárias são projetadas para ciclos de descargas profundos. Normalmente, elas são instaladas em redundância com retificadores CA-CC para uma autonomia de energia em caso de falta de alimentação CA, para cargas essenciais (PLC, sistemas de emergência, sistemas de telecomunicações etc). Esta aplicação é comumente utilizada em subestações, usinas de geração de energia elétrica e grandes indústrias. A Figura 6 ilustra um banco de baterias do tipo chumbo-ácido (CARNEIRO, et al., 2017).



Figura 6 - Banco de Baterias Chumbo-Ácido

Fonte: (FINANCE NEWS WIRE)

O risco associado ao banco de baterias é a liberação do gás hidrogênio. Após a utilização das baterias pelo sistema, em caso falta de alimentação CA, o banco de baterias é recarregado. É no processo de carregamento que ocorre a produção e liberação de hidrogênio. O processo de recarga tem seu lado problemático, uma vez que pode haver a reação comum de decomposição da água durante a eletrólise (CARNEIRO, et al., 2017).

Existe o risco de explosão devido ao acúmulo de hidrogênio que, combinado com o ar, forma uma mistura inflamável. O local onde se formará essa mistura inflamável terá a probabilidade de surgimento de atmosfera explosiva. Por isso, deve ser aplicado o estudo de classificação de áreas para este local a fim de evitar uma possível explosão.

Segundo a (ABNT NBR IEC 60079-10-1, 2009) para realizar a classificação do ambiente com possibilidade de presença de gases ou vapores combustíveis é necessário seguir os seguintes passos:

- Identificar fontes de riscos;
- determinar os tipos de Zonas (0, 1 e 2);
- determinar as taxas de liberação de gás ou vapor;
- avaliar os limites de explosividade;
- adequar a ventilação do ambiente.

Normalmente os bancos de baterias são instalados em salas exclusivas e com um sistema de exaustão para a remoção dos gases de hidrogênio, mantendo o ambiente em condições seguras (ABNT NBR IEC 60079-10-1, 2009).

De acordo com os dados da Tabela 1, o hidrogênio é um gás menos denso que o ar, deste modo os gases se acumulam na parte superior do ambiente. O hidrogênio ainda possui uma faixa de explosividade de 4% a 77% em relação ao volume total da mistura com o ar. Sua temperatura de ignição é 560°C, classe de temperatura T1 e pertence ao Grupo IIC. De acordo com o Anexo A da (ABNT NBR IEC 60079-10-1, 2009), válvulas de alívio, respiros e outras aberturas as quais são previstas a liberação de material inflamável durante operação normal são consideradas fontes de grau primário. Estimativas iniciais sugerem que o grau primário de liberação leva à classificação de Zona 1. Dependendo da ventilação do ambiente, fontes de grau primário também podem gerar uma classificação de Zona 0, isto se a atmosfera explosiva for dispersa vagarosamente de modo que ela persista por um tempo maior que o esperado.

Considerando a sugestão da norma (ABNT NBR IEC 60079-10-1, 2009) a classificação da sala de baterias neste estudo de casos é: Zona 1, Grupo IIC e T1. Assim, levaria à escolha de equipamentos elétricos à prova de explosão, por exemplo. Ainda seguindo a orientação da norma, projetando uma ventilação adequada a classificação ambiente poderá ser Zona 2 ou até área não classificada; para isso é importante a determinação do grau de ventilação.

Uma das maneiras de determinar o grau de ventilação é calcular o volume hipotético de ar necessário para que a concentração média de gás inflamável seja 25% (para fontes de graus contínuos ou primário) ou 50% (para fontes de grau secundário) do limite inferior de explosividade (ABNT NBR IEC 60079-10-1, 2009).

Por meio da ventilação mecânica adequada será possível manter, na sala de baterias, uma concentração de hidrogênio abaixo do limite inferior de explosividade, de 4% do volume. Essa concentração deve ser monitorada por meio de detectores de gases inflamáveis. Os detectores trabalham medindo uma escala de 0% a 100% do limite inferior de explosividade (LIE). O monitoramento da concentração de hidrogênio é realizado com o objetivo de impedir que o ambiente atinja o limite inferior, de modo que não se torne explosivo.

Segundo dados da empresa Enesens, que trabalha com soluções em detecção de gás, o monitoramento do local deve ser seguido de um alarme iniciado em 10% do LIE. A Figura 7 mostra o ponto de detecção para algumas substâncias inflamáveis relevantes, inclusive o hidrogênio (ENESENS, 2016).

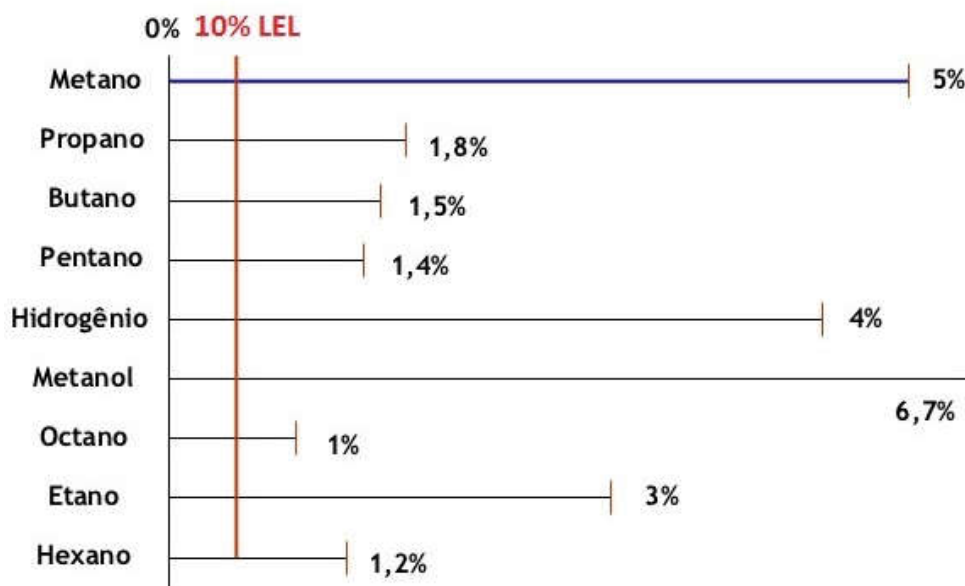


Figura 7 - Correlação do LIE de gases inflamáveis

Fonte: (ENESENS, 2016)

#### 4.4 INSPEÇÃO EM AMBIENTES COM PRESENÇA DE SUBSTÂNCIAS INFLAMÁVEIS

A rotina das inspeções em equipamentos elétricos instalados em áreas classificadas envolve a observação visual de algumas de suas condições específicas, bem como, quando possível, os reparos necessários que podem ser realizados durante uma manutenção preventiva. A criticidade deste equipamento, as condições operacionais e as condições ambientais exigem uma atenção especial, tornando a frequência de inspeções maior para equipamentos EX.

As inspeções podem ser seguidas de uma manutenção preventiva. Atitudes simples, como verificar se há ventilação suficiente e efetuar a limpeza frequentemente são fatores com grande relevância para preservar estes equipamentos.

Em equipamentos elétricos comumente usados já é necessário intervir imediatamente ao surgirem ou ao serem notados quaisquer indicativos de anormalidades. Por exemplo, no caso de máquinas rotativas podem ocorrer vibrações excessivas, batidas de eixo, resistência de isolamento decrescente, indícios de fumaça e fogo, faiscamento ou forte desgaste no comutador ou coletor e escovas (se houverem), variações bruscas de temperatura nos mancais e outros. Para equipamentos elétricos instalados em áreas classificadas é necessário executar os mesmos tipos de verificação acrescidas de verificar a integridade de cada tipo de proteção Ex e inspecionar as condições ambientais e os equipamentos de proteção coletiva como, por exemplo o sistema de ventilação. A Tabela 13 lista os principais itens de verificação de equipamentos elétricos instalados em áreas classificadas.



Tabela 13 - Lista de verificação de equipamentos elétricos instalados em áreas classificadas.

<b>Lista de Verificação de equipamentos elétricos instalados em áreas classificadas</b>	
<b>1</b>	Existem Fontes de Risco?
<b>2</b>	Qual a possível taxa de liberação?
<b>3</b>	Foram determinados o tipo e a extensão da zona? (sensores detecção e proteção de equipamentos)
<b>4</b>	Existem aberturas no ambiente? (portas, janelas e saídas de ar para ventilação natural);
<b>5</b>	Existe a necessidade de ventilação artificial?
<b>6</b>	O equipamento é adequado a classificação de áreas?
<b>7</b>	O grupo do equipamento está correto?
<b>8</b>	A classe de temperatura está correta?
<b>9</b>	O EPL está indicado para a devida Zona?
<b>10</b>	O equipamento possui certificação INMETRO?
<b>11</b>	Há modificações não autorizadas?
<b>12</b>	Os parafusos dos invólucros estão devidamente instalados e torquados?
<b>13</b>	A unidade seladora está aplicada corretamente?
<b>14</b>	Existe junção de cabos removidos com orifício exposto?
<b>1</b>	A estrutura do invólucro possui rachaduras ou fendas?
<b>16</b>	Os equipamentos “Ex p” possuem monitoramento de pressão?
<b>17</b>	Em caso de perda de pressurização, “Ex p”, foi realizada purga do sistema?
<b>18</b>	No caso da sala de baterias, o motor do exaustor foi especificado para área classificada?
<b>19</b>	O local onde é considerado área classificada possui detectores de explosividade?
<b>20</b>	Os motores elétricos possuem proteção de sobre-corrente para desligá-los em caso de sobrecarga?

#### 4.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Segundo o relatório de investigação ANP / DCP, é importante esclarecer que a causa do acidente a P-36 não foi identificada pela falta de classificação de zonas de riscos. Esta foi relatada como uma não conformidade que se somou a outros fatores.

Verifica-se a interação de outras áreas com o assunto sobre atmosferas explosivas. A aquisição de dados de pressão, por exemplo, se mostrou importante para a análise de rompimento do tanque de emergência. Estes dados de controle devem se unir a outras informações como, por exemplo, fontes de risco, grau e disponibilidade de ventilação, e definição do tipo de zona para seleção do equipamento elétrico. Essas informações foram levadas em consideração no estudo de casos da sala de baterias do tipo chumbo-ácida. Como visto, no processo de carregamento, as baterias liberam o gás hidrogênio altamente inflamável. Assim, a sala deve passar por um estudo de classificação de áreas que possibilita a implementação de sistemas auxiliares para mitigar os riscos.

A ventilação é um dos sistemas que auxiliam na segurança do ambiente, possibilitando a diluição dos gases inflamáveis. E o sistema de detecção de gases proporciona um monitoramento da atmosfera, alertando níveis de concentrações antes de atingirem o seu respectivo limite inferior de explosividade. Mesmo assim, se a ventilação e a detecção de gás não forem suficientes para evitar que a mistura gás/ar atinja o LIE, os equipamentos elétricos selecionados, de acordo com a classificação de áreas, devem garantir que não haja contato de centelhas ou superfícies quentes com a atmosfera explosiva.

Infelizmente existem situações críticas em que trabalhadores, repentinamente, se veem em meio a uma nuvem, de gás ou de poeira, causada por falha nos equipamentos que armazenam ou processam substância combustíveis. Como visto anteriormente, substâncias inflamáveis, como gás e poeiras combustíveis, misturadas com o oxigênio, formarão uma atmosfera explosiva em torno destas pessoas. É de extrema importância o conhecimento e estudos de meios de mitigar este o risco de explosão. Os sensores de explosividade são equipamentos que irão alertar as pessoas sobre o risco de explosão, e as proteções Ex especificadas para os equipamentos elétricos instalados em áreas classificadas irão garantir uma melhor segurança das pessoas e das instalações.

O Engenheiro Eletricista que é o profissional responsável pelas instalações elétricas industriais deve ter amplo conhecimento sobre atmosferas explosivas. Assim ele será capacitado para definir áreas de riscos, orientar seus subordinados sobre o grau de risco e especificar os devidos tipos de proteção para os equipamentos elétricos instalados nessas áreas.

A lista de verificações é uma das maneiras de orientar os trabalhadores do sistema elétrico quanto aos pontos importantes que devem ser verificados nos equipamentos, como por exemplo a integridade dos invólucros de proteção. Neste caso se em uma eventual manutenção de desmontagem e montagem do invólucro for esquecido um parafuso, o equipamento deixar de ser considerado Ex, perdendo suas características de proteção contra explosividade.

## 5 CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

### 5.1 CONCLUSÕES

Este trabalho apresentou uma visão de instalações elétricas diferentes das ditas convencionais. As instalações elétricas em áreas classificadas necessitam de cuidados específicos em relação à segurança do local e das pessoas. Em atividades industriais onde existem gases, vapores, névoas e poeiras combustíveis, também existe a probabilidade de surgir locais com atmosferas explosivas. Nestes locais os equipamentos elétricos devem assegurar uma baixa probabilidade de se tornarem fonte de ignição. Assim, por meio da revisão bibliográfica foi possível conhecer os principais tipos de proteção para equipamentos instalados em áreas classificadas, bem como alguns conceitos importantes sobre substâncias inflamáveis.

As análises de casos apresentados serviram para ilustrar a necessidade de realizar a classificação de áreas, em ambientes onde haja a probabilidade de formação de atmosfera explosiva, de modo a garantir a segurança dos locais e das pessoas. Na análise do acidente ocorrido na P-36, que foi baseada no relatório de investigação público elaborado pela ANP, foi detectada uma não conformidade no local em que a área não era classificada, mesmo possuindo a probabilidade de formação de uma atmosfera explosiva. Na segunda análise, deste trabalho, foi apresentada uma sala de baterias estacionárias do tipo chumbo-ácida, mostrando a importância de reconhecer um ambiente com fonte de risco de forma a projetar barreiras para a formação de atmosfera explosiva.

Esse tema deve ser cada vez mais explorado por profissionais do setor elétrico com foco em segurança no trabalho e nos projetos de engenharia, pois trata-se de um tipo específico de instalações elétricas. É interessante a abordagem deste tema na engenharia elétrica, de modo que o engenheiro eletricitista seja capaz de reconhecer ambientes de riscos e aplicar o método de classificação de áreas. A classificação de áreas mostrou ser importante para a seleção adequada de equipamentos que devem ser utilizados em atmosferas explosivas.

## 5.2 TRABALHOS FUTUROS

O tema sobre atmosferas explosivas deve ser explorado com o objetivo de definir novas propostas para manter a segurança de uma área classificada. Serão citadas algumas sugestões para trabalhos futuros: Estudar projetos de áreas classificadas de modo a definir as zonas de riscos e suas extensões para que sejam instalados os equipamentos elétricos adequados. Outro estudo interessante é apresentar a importância da certificação de profissionais para trabalharem em áreas classificadas para que os mesmos sejam capazes de interpretar os perigos existentes nestes locais e aplicar a normas de segurança específicas. No portal da ANP foi divulgado um relatório do acidente do FPSO Cidade de São Mateus que ilustra o risco de uma equipe é submetida na entrada em um local onde foi detectada a formação de atmosfera explosiva. Outra sugestão de trabalho futuro é explorar a proteção especial “Ex s”. Esta proteção é aquela que não está incluída em nenhum outro tipo de proteção de equipamentos elétricos, mas que garante segurança na operação dos equipamentos em atmosferas explosivas comprovada por ensaios. Deste modo é proteção “Ex s” abre a possibilidade para que os engenheiros criem novos tipos de proteção contra explosão.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT NBR IEC 60079-0. 2013.** Atmosferas explosivas. Parte 0: Equipamentos — Requisitos gerais. 2013, p. 104.
- ABNT NBR IEC 60079-10-1. 2009.** *Atmosferas explosivas: Parte 10-1: Classificação de áreas - Atmosferas explosivas de gás.* 2009.
- ABNT NBR IEC 60079-10-2. 2016.** *Atmosferas explosivas: Parte 10-2: Classificação de áreas — Atmosferas de poeiras explosivas.* 2016.
- ABNT NBR IEC 60079-14. 2016.** *Atmosféras explosivas. Parte 14: Projeto, seleção e montagem de instalações elétricas.* 2016.
- ABNT NBR IEC 60529. 2017.** *Graus de proteção providos por invólucros (Códigos IP).* 2017. p. 49.
- ABPEX, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA PARA PREVENÇÃO DE EXPLOSÕES. 2016.** *Manual de Bolso de Instalações Elétricas em Atmosféras Explosivas. 5.* São Paulo : Project-Explo, 2016.
- BS EN 50272-2. 2001.** *Safety requirements for secondary batteries and battery installations. Stationary batteries.* 2001.
- BULGARELLI, Roberval. 2010.** *Capítulo XV – Requisitos para instalação de equipamentos com invólucros pressurizados.* 2010. O setor létrico.
- . **2017.** Novos requisitos de grau de proteção de invólucros de equipamentos elétricos - IP 69. 136 s.l. : Atitude.editorial, Maio de 2017. 136. O setor elétrico.
- . **2015.** *Novos requisitos para o tipo de proteção Ex "e" - Segurança aumentada.* 116. s.l. : Atitude.editorial, 2015. O setor elétrico.
- CARNEIRO, R. L., et al. 2017.** *Aspectos essenciais da Baterias de Chumbo-Ácido e Princípios Físico-Químicos e Termodinâmicos do seu Funcionamento.* Niterói : Sociedade Brasileira de Química, 2017. pp. 889-911. Revista virtual de química.
- COBEI.** Comitê Brasileiro de Eletricidade, Eletrônica, Iluminação e Telecomunicações. [Online] <http://cobei-sc-31-atmosferas-explosivas.blogspot.com.br/>.
- ENESENS. 2016.** *GASBOOK.* 1, Osasco : Enesens, 2016. SUA SOLUÇÃO EM DETECÇÃO DE GÁS.
- ERTHAL, Leandro. 2016.** Comparação entre as técnicas de EPL e SIL. 217 s.l. : Lumière, maio de 2016. Revista Lumière Electric.

- FERRI, Antonio Carlos. 2016.** [Online] 23 de Fevereiro de 2016. <http://seginlife.blogspot.com.br/2016/02/atmosfera-explosiva.html>.
- FILHO, Oswaldo. 2015.** Blogspot. *Bombeiro Oswaldo*. [Online] 18 de 07 de 2015. <http://bombeiroswaldo.blogspot.com.br/2015/07/triangulo-do-fogo-tetraedro-do-fogo.html>.
- FINANCE NEWS WIRE.** [Online] <http://www.financeswire.com/lithium-ion-battery-market-is-expected-to-exceed-us-69-billion-by-2022/>.
- JORDÃO, Dácio de Miranda. 2002.** *Manual de instalações elétricas em indústrias químicas, petroquímicas e de petróleo: atmosferas explosivas*. 3. São Paulo : Qualitymark, 2002. p. 375.
- . **2012.** *Pequeno manual de instalações elétricas em atmosferas potencialmente explosivas*. São Paulo : Blucher, 2012.
- JUNIOR, Oswaldo Antunes Pedrosa, et al. 2001.** *Análise do acidente com a plataforma P-36*. Rio de Janeiro : ANP, 2001. p. 24.
- O GLOBO.** [Online] <http://acervo.oglobo.globo.com/fatos-historicos/em-2001-explosao-da-plataforma-36-deixou-11-mortos-na-bacia-de-campos-9483525>.
- ORSOLON, Marcos. 2016.** *Utilização de equipamentos com proteção por invólucro (Ex-t) eleva nível de segurança das instalações em áreas classificadas com presença de poeiras combustíveis*. 122. s.l. : HMNews, 2016. Revista Potência.
- SALIBA, Tuffi Messias. 2004.** *Curso básico de segurança e higiene ocupacional*. São Paulo : LTr, 2004.
- SILVA, André Luiz de Oliveira. 2009.** *Avaliação das instalações elétricas e de instrumentação em um processo de manufatura com etanol*. (Monografia do Curso de Especialização em Engenharia de Instrumentação) - UFPE. Recife : s.n., 2009.
- SILVA, José da. 2014.** *Atmosféras Explosivas: instalação de equipamentos elétricos em áreas classificadas*. Jundiaí : Paco Editorial, 2014.
- VIEIRA, Petrônio Lerche, et al. 2005.** *Gás natural: benefícios ambientais no Estado da Bahia*. Salvador : Solisluna Design e Editora, 2005.