



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**  
**CENTRO DE TECNOLOGIA**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA**  
**CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA**

**CARLOS RÉGIS MATIAS RAMOS**

**CLASSIFICAÇÃO DE ÁREAS E SELEÇÃO DE EQUIPAMENTOS ELÉTRICOS**  
**EM ATMOSFERAS EXPLOSIVAS**

**FORTALEZA**

**2018**

CARLOS RÉGIS MATIAS RAMOS

CLASSIFICAÇÃO DE ÁREAS E SELEÇÃO DE EQUIPAMENTOS ELÉTRICOS EM  
ATMOSFERAS EXPLOSIVAS

Trabalho Final de Curso submetido ao Curso de Graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Federal do Ceará como parte dos requisitos para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Elétrica.

Orientador: Prof. M.Sc. Carlos Gustavo Castelo Branco.

FORTALEZA

2018

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

R142c Ramos, Carlos Régis Matias.  
Classificação de áreas e seleção de equipamentos elétricos em atmosferas explosivas / Carlos Régis Matias Ramos. – 2018.  
108 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, Curso de Engenharia Elétrica, Fortaleza, 2018.  
Orientação: Prof. Me. Carlos Gustavo Castelo Branco.

1. Atmosfera explosiva. 2. Área classificada. 3. Equipamentos elétricos. I. Título.

CDD 621.3

---

CARLOS RÉGIS MATIAS RAMOS

CLASSIFICAÇÃO DE ÁREAS E SELEÇÃO DE EQUIPAMENTOS ELÉTRICOS EM  
ATMOSFERAS EXPLOSIVAS

Trabalho Final de Curso submetido ao Curso de Graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Federal do Ceará como parte dos requisitos para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Elétrica.

Aprovado em: 29/05/2018.

BANCA EXAMINADORA

Prof. M.Sc. Carlos Gustavo Castelo Branco (Orientador)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. M.Sc. Tomaz Nunes Cavalcante Neto  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Eng. Eletricista Marcelo Ferreira Gomes

*A Deus, meu criador.  
À minha amada esposa Diana  
Ao meu amado filho Esdras  
E aos meus pais, Adauto (in memoriam) e  
Raimunda (in memoriam).*

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, o único que merecer de toda honra e glória, que me deu capacidade e força para enfrentar todos os obstáculos e realizar meu sonho de ser Engenheiro Eletricista

À minha amada Diana, esposa sempre paciente e compreensiva nas épocas das provas e trabalhos. Ela sempre acreditou que meu sonho se tornaria realidade.

Ao meu filho Carlos Esdras de 6 anos, que por muitos finais deixamos de brincar porque eu precisava estudar e fazer trabalhos da faculdade.

Aos meus pais, Adauto (falecido em 2010) e Raimunda (falecida em 2016). Hoje estão ausentes fisicamente, mas estarão sempre presentes no meu coração. Reconheço o amor, a disciplina e educação que eles me deram. Eles foram essenciais para esta conquista.

À minha sogra Maria de Fátima, pelo incentivo, apoio e ajuda. Seus conselhos sempre foram sábios. Nunca esquecerei o que a senhora fez e ainda faz por mim. A senhora faz parte desta vitória.

Ao meu amigo Eng. Eletricista Marcos Leno, ex-aluno da UFC e contemporâneo da antiga Escola Técnica Federal. Sempre me ajudou esclarecendo dúvidas nas resoluções de exercícios de todas as disciplinas do curso e também colaborou nos projetos de eletrônica e microprocessadores. Sempre um amigo disponível, fosse sábado, domingo ou feriado.

Ao meu colega de trabalho José Edneudo, Técnico em Mecânica Industrial, Administrador e servidor do Tribunal de Justiça do Estado do Ceará, na Seção de Manutenção do Fórum Clovis Beviláqua. Encorajou-me durante a elaboração deste trabalho, sempre disponível e repassando seus conhecimentos e experiência de trabalho na indústria com presença de atmosfera explosiva

Ao Prof. Tomaz Nunes C. Neto e ao Eng. Eletricista Luciano Maciel de Albuquerque pela oportunidade que me foi dada em atuar como técnico fiscal na obra de retrofit do guindaste GSU no Porto do Pecém, na parceria das empresas Sinergia e LMA Engenharia, em 2010 e 2011. Essa experiência na área eletromecânica foi relevante para minha graduação, pois adquiri conhecimentos.

Ao meu orientador, Prof. Carlos Gustavo, pela disponibilidade e pelos seus conhecimentos repassados com competência e paciência.

Aos demais professores do Departamento de Engenharia Elétrica pela contribuição para a minha formação acadêmica.

Aos colegas de graduação, que preferi citá-los em ordem alfabética, Anderson Clayton, Antônio Edson, Antônio Anderson, Diego Osterno, Francisco Neto, Jady Aparecia, João Paulo Liberado, João Paulo Barros (JP), Joyce Mara, Rannier Deus, Rayssa Stupp, Samuel Carvalho, Sandro Araújo e Vinícius Aureliano pelo comprometimento durante os trabalhos em equipe, pelas horas de estudos juntos, pelo companheirismo e ajuda durante o curso.

E aos demais não citados, mas que certamente contribuíram para a minha chegada até aqui.

*Assim diz o Senhor:*  
” Não se glorie o sábio em sua sabedoria, nem  
o forte em sua força e nem o rico em sua  
riqueza, mas quem se gloriar, glorie-se nisto:  
em compreender-me e conhecer-me, pois eu  
sou o Senhor, e ajo com lealdade, com justiça  
e com retidão sobre a terra, pois é dessas  
coisas que me agrado”, declara o Senhor.

Jeremias 9: 23, 24

## RESUMO

As atmosferas explosivas estão presentes nas indústrias farmacêuticas, de alimentos, químicas, de bebidas, petroquímicas, de minas subterrâneas, dentre outras. Classificar as áreas e selecionar adequadamente os equipamentos elétricos são os requisitos que garantem a segurança nesses locais. Controlar as fontes de ignição nos equipamentos elétricos impede que ocorram explosões e incêndios. Com a revisão bibliográfica das normas ABNT NBR IEC 60079-10-1/2009, 60079-0/2013 e 60079-14/2016, este trabalho tem o objetivo de apresentar, na forma de manual, os procedimentos para elaborar um projeto de classificação de áreas e seleção de equipamentos elétricos em atmosferas explosivas a gás. As áreas com gás são classificadas como zona 0, zona 1 e zona 2. Conforme a folha de dados da substância é possível selecionar os equipamentos determinando o grupo de equipamento, a classe de temperatura, o invólucro de proteção e o nível de proteção EPL. Por fim, apresenta-se um estudo de caso em uma unidade de fabricação de defensivos agrícolas, onde foi realizada a classificação de área e a verificação dos equipamentos elétricos instalados dentro do perímetro com atmosfera explosiva.

**Palavras-chave:** Atmosfera Explosiva. Área Classificada. Equipamentos Elétricos.

## ABSTRACT

Explosive atmospheres are present in the pharmaceutical, food, chemical, beverage, petrochemical, underground mining, among others. Classifying the areas and selecting the electrical equipment properly are the requirements that ensure safety at these locations. Controlling ignition sources in electrical equipment is expected to cause explosions and fires. With the bibliographic revision of the standards ABNT NBR IEC 60079-10-1/2009, 60079-0/2013 and 60079-14/2016, this work aims to present, in the form of a manual, the procedures to elaborate a project of classification of areas and selection of electrical equipment in explosive gas atmospheres. Gas areas are classified as zone 0, zone 1 and zone 2. According to the substance data sheet it is possible to select the equipment by determining the equipment group, the temperature class, the protective enclosure and the EPL protection level. Finally, a case study is presented at a manufacturing plant for agricultural pesticides, where the area classification and the verification of the electrical equipment installed inside the perimeter with an explosive atmosphere were performed.

**Keywords:** Explosive Atmosphere. Classified area. Electrical Equipment. Electrical Engineering.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 – Usina Pindorama .....	21
Figura 2.1 – Zonas em área classificada.....	26
Figura 2.2 – Triângulo do fogo.....	28
Figura 2.3 – Circuito RC .....	29
Figura 2.4 – Circuito RL .....	30
Figura 2.5 – Limites de explosividade.....	31
Figura 2.6 – Dispositivo de proteção: centelhador de separação. ....	32
Figura 2.7 – Centelhadores de separação instalados em flanges.....	33
Figura 4.1 – Vista superior de uma área classificada indicando a extensão de zona .....	46
Figura 4.2 – Simbologias preferenciais para zonas de áreas classificadas.....	49
Figura 4.3 – Delimitação de área classificada por gás .....	50
Figura 5.1 – Vista interna de painel de controle Ex d .....	54
Figura 5.2 – Luminária à prova de explosão .....	54
Figura 5.3 – Distribuição de circuitos de força em terminal petroquímico.....	55
Figura 5.4 – Módulo eletrônico com proteções Ex m e Ex e. ....	56
Figura 5.5 – Instalação em área classificada por gases inflamáveis, de painéis locais de controle de instrumentação com tipo de proteção por invólucros pressurizados. ....	57
Figura 5.6 – Instalação de caixas de areia para entrada de cabos para o interior de uma casa de controle. ....	58
Figura 5.7 – Fim de curso de posição ACR Limitex AP para atmosfera explosiva.....	59
Figura 5.8 – Utilização de invólucro de proteção Ex n. ....	60
Figura 5.9 – Placa com marcação Ex. ....	64
Figura 5.10 – Tomadas e plugues para uso em áreas classificadas .....	65
Figura 5.11 – Prensa-cabos.....	67
Figura 5.12 – Unidades seladoras.....	68

Figura 5.13 – Eletroduto metálico flexível para atmosferas explosivas.....	69
Figura 5.14 – Eletroduto metálico flexível com condutores .....	69
Figura 6.1 – Layout da unidade de fabricação.....	74
Figura 6.2 – Fluxograma do descarregamento e armazenamento .....	75
Figura 6.3 – Diagrama do descarregamento e armazenamento.....	75
Figura 6.4 – Fluxograma da formulação .....	76
Figura 6.5 – Diagrama da formulação .....	77
Figura 6.6 – Descarregamento.....	78
Figura 6.7 – Corte CC do caminhão tanque .....	79
Figura 6.8 – Corte ISO do Isotanque.....	79
Figura 6.9 – Isotanque .....	80
Figura 6.10 – Reator de formulação .....	81
Figura 6.11 – Corte do reator (RFP).....	82
Figura 6.12 – Vista frontal da área classificado do descarregamento .....	84
Figura 6.13 – Vista superior da área classificada do descarregamento .....	85
Figura 6.14 – Vista frontal do isotanque .....	86
Figura 6.15 – Parte externa da área de formulação .....	87
Figura 6.16 – Área classificada do reator.....	88
Figura 6.17 – Equipamentos elétricos na área classificada de descarregamento .....	89
Figura 6.18 – Conexões de aterramento .....	91
Figura 6.19 – Botoeira de acionamento da motobomba e unidade seladora .....	92
Figura 6.20 – Lâmpadas Ex d e quadro de iluminação .....	92
Figura 6.21 – Parte superior do reator .....	93
Figura 6.22 – Parte inferior do reator .....	93

## LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 – Características de algumas poeiras combustíveis.....	27
Tabela 2.2 – Grau de proteção para invólucros contra a penetração de corpo sólido .....	34
Tabela 2.3 – Grau de proteção para invólucros contra penetração de água .....	35
Tabela 3.1 – Normas ABNT NBR IEC para atmosferas explosivas.....	39
Tabela 3.1 – Normas ABNT NBR IEC para atmosferas explosivas (Continuação).....	40
Tabela 4.1 – Zonas em atmosferas explosivas a gás e vapor .....	45
Tabela 4.2 – Estatística de frequência de presença de mistura explosiva para classificação de zonas - APIRP .....	45
Tabela 4.3 – Parâmetros que influenciam na extensão de zonas.....	47
Tabela 4.4 – Informações constantes no projeto de classificação de área.....	48
Tabela 4.5 – Principais fatores que influencia o tipo de zonas.....	49
Tabela 4.6 – Dados da extensão das zonas em áreas classificadas.....	50
Tabela 5.1 – Grupos para gases inflamáveis e poeiras combustíveis.....	52
Tabela 5.2 – Classificação da temperatura máxima de superfície para equipamentos elétricos do Grupo II .....	52
Tabela 5.3 – Classes de temperaturas e exemplo de substâncias .....	53
Tabela 5.4 – Tipos de proteções Ex e aplicação em zonas.....	61
Tabela 5.5 – Nomenclatura EPL.....	62
Tabela 5.6 – Relação EPL e zonas .....	62
Tabela 5.7 – Marcação de equipamento Ex a gás e vapor.....	64
Tabela 6.1 – Características básicas da MIPA .....	72
Tabela 6.2 – Informações para classificação de área no descarregamento .....	84
Tabela 6.3 – Extensão das zonas no descarregamento .....	85
Tabela 6.4 – Informações para classificação de área na formulação .....	87
Tabela 6.5 – Extensão das zonas na formulação .....	88
Tabela 6.6 – Equipamentos elétricos no descarregamento.....	90
Tabela 6.7 – Equipamentos elétricos na formulação.....	94
Tabela 6.8 – Análise dos equipamentos elétricos na área de descarregamento .....	95
Tabela 6.9 – Análise dos equipamentos elétricos na área de formulação .....	95
Tabela A – Características de algumas substâncias químicas .....	101

Tabela B – Quantidade de acidentes do trabalho, por situação do registro e motivo, segundo a Classificação Nacional de Atividades Econômicas (CNAE), no Brasil-2014/2016. .... 102

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
API	<i>American Petroleum Institute</i>
CB	Comitê Brasileiro da ABNT
CEE	Comissões de Estudo Especiais da ABNT
CENELEC	<i>European Committee for Electrotechnical Standardization</i>
CLT	Consolidação das Leis Trabalhistas
COBEI	Comitê Brasileiro de Eletricidade, Eletrônica, Iluminação e Telecomunicações
EPL	<i>Equipament Protection Level</i>
Hz	<i>Hertz</i>
IEC	<i>International Electrotechnical Commission</i>
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial
IP	Índice de Proteção
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
LIE	Limite Inferior de Explosividade
LSE	Limite Superior de Explosividade
NBR	Normas Brasileiras
NEC	<i>National Electrical Code</i>
NR	Norma Regulamentadora
OCP	Organismo de Certificação de Produtos Credenciado
ONS	Organismo de Normalização Setorial
RAC	Regulamento de Avaliação de Conformidade

SB-31 Subcomitê 31 da ABNT

TC-31 *Technical Committee 31*

## SUMÁRIO

CAPÍTULO 1.....	21
INTRODUÇÃO.....	21
1.1 Justificativa.....	22
1.2 Objetivos do trabalho.....	23
1.3 Estrutura do trabalho.....	23
CAPÍTULO 2.....	25
DEFINIÇÕES E CONCEITOS.....	25
2.1 Atmosfera explosiva.....	25
2.2 Área classificada.....	25
2.3 Área não classificada.....	26
2.4 Material inflamável (substância inflamável).....	26
2.5 Líquido, gás e névoa inflamáveis.....	26
2.6 Grisu.....	27
2.7 Poeira combustível.....	27
2.8 Triângulo do fogo.....	28
2.9 Fontes de ignição.....	28
2.10 Temperatura de ignição e ponto de fulgor.....	30
2.11 Limite inferior de explosividade e limite superior de explosividade.....	31
2.12 Densidade relativa de um gás ou vapor.....	32
2.13 Taxa de liberação.....	32
2.14 Equipamentos elétricos para atmosferas explosivas.....	32
2.15 Invólucro.....	33
2.16 Nível de proteção de equipamento - EPL.....	33
2.17 Grau de proteção do invólucro - IP.....	34
2.18 Ventilação.....	35
2.19 Equipamentos transportáveis e portáteis - Gás.....	36
CAPÍTULO 3.....	37
NORMAS E LEGISLAÇÃO.....	37
3.1 Introdução.....	37
3.2 Normas Técnicas.....	37

3.3 IEC .....	37
3.4 ABNT .....	38
3.5 INMETRO.....	41
3.6 Ministério do Trabalho.....	41
CAPÍTULO 4.....	43
CLASSIFICAÇÃO DE ÁREA.....	43
4.1 Introdução .....	43
4.2 Objetivos da classificação de área.....	43
4.3 Procedimentos de classificação de áreas.....	44
4.3.1 Considerações .....	44
4.3.2 Fonte de risco .....	44
4.3.3 Extensão de zona.....	46
4.3.4 Documentação.....	48
4.4 Exemplo de classificação de área.....	49
CAPÍTULO 5.....	51
SELEÇÃO DE EQUIPAMENTOS.....	51
5.1 Introdução .....	51
5.2 Seleções dos equipamentos .....	51
5.2.1 Grupos de equipamentos .....	51
5.2.2 Classe de Temperatura .....	52
5.2.3 Invólucro de proteção.....	53
5.2.3.1 Invólucros de proteção a prova de explosão – Ex d .....	54
5.2.3.2 Invólucros de proteção com segurança aumentada – Ex e.....	55
5.2.3.3 Invólucros de proteção pressurizado – Ex p.....	56
5.2.3.4 Invólucros de proteção imerso em óleo – Ex o .....	57
5.2.3.5 Invólucros de proteção enchimento de areia – Ex q.....	57
5.2.3.6 Invólucros de proteção encapsulado – Ex m .....	58
5.2.3.7 Invólucros de proteção segurança intrínseca – Ex i.....	59
5.2.3.8 Invólucros de proteção não acendível – Ex n .....	60
5.3 Nível de proteção de equipamento - EPL .....	62
5.4 Marcação do equipamento de gás .....	63
5.5 Componente e acessórios das instalações elétricas.....	65

5.5.1 Plugues e tomadas .....	65
5.5.2 Condutores .....	66
5.5.3 Eletrodutos .....	68
5.5.4 Subestações .....	70
CAPÍTULO 6.....	71
ESTUDO DE CASO EM UMA UNIDADE DE FABRICAÇÃO DE HERBICIDA .....	71
6.1 Introdução .....	71
6.2 Visão geral .....	71
6.2.1 Defensivo agrícola .....	71
6.2.2 Monoisopropanolamina.....	72
6.2.3 Unidade de fabricação.....	73
6.2.4 Descarregamento e armazenamento.....	75
6.2.4.1 <i>Etapa de descarregamento e armazenamento</i> .....	75
6.2.4.2 <i>Etapa de formulação</i> .....	76
6.3 Operação .....	77
6.3.1 Operação de descarregamento e armazenamento .....	77
6.3.2 Armazenamento .....	80
6.3.3 Operação de transferência e formulação .....	81
6.4 Classificação de área .....	83
6.4.1 Área de descarregamento .....	83
6.4.2 Área de armazenagem .....	86
6.4.3 Área de formulação .....	87
6.5 Equipamentos elétricos .....	89
6.5.1 Descarregamento.....	89
6.5.2 Formulação.....	93
6.5.3 Classificação dos equipamentos elétricos .....	94
6.6 Conclusão do estudo de caso.....	95
CAPÍTULO 7.....	97
CONCLUSÃO E PERSPECTIVAS FUTURAS.....	97
REFERÊNCIAS.....	99
ANEXO A.....	101
CARACTERÍSTICAS DE ALGUMAS SUBSTÂNCIAS INFLAMÁVEIS .....	101

ANEXO B.....	102
QUANTIDADE DE ACIDENTES DO TRABALHO EM LOCAIS COM ATMOSFERAS EXPLOSIVAS .....	102
ANEXO C.....	104
FUNDACENTRO DEBATE CINCO ANOS DA NOVA NR 20.....	104

## CAPÍTULO 1

### INTRODUÇÃO

Em indústrias farmacêuticas, de alimentos, de bebidas, de petróleo e gás, em indústrias de tintas, em usinas de cana de açúcar e álcool, em minas subterrâneas, entre outras, existe a formação de atmosfera explosiva em determinadas áreas por resultado do processo de matérias primas na fabricação. Uma atmosfera explosiva é uma mistura com o ar, sob condições atmosféricas, de substâncias inflamáveis na forma de gás, vapor, poeira, fibras ou partículas suspensas os quais, após a ignição, permite auto-sustentação de propagação (ABNT NBR IEC 60079-10-1/2009). Com o armazenamento, manipulação ou processamento desses produtos inflamáveis, os equipamentos elétricos instalados nesses locais tornam-se um risco quando estão em funcionamento, pois constituem fontes de ignição que podem causar explosões e incêndios. O fogo ou explosão surgem com a formação do triângulo do fogo que é a combinação de três elementos: o comburente (oxigênio), o combustível (gás inflamável ou poeira combustíveis) e o calor, que é a própria ignição. A Figura 1.1 mostra a vista de uma indústria com atmosfera explosiva, a usina Pindorama localizada na região sul do estado de Alagoas próximo das cidades de Penedo e Coruripe. Pindorama produz álcool hidratado, açúcar em pó, sucos e derivados do coco.

Figura 1.1 – Usina Pindorama.



Fonte: EMPAT – Empresa Alagoana de Terminais Ltda.

Como exemplos de fontes de ignição de origem elétrica, têm-se a centelha gerada durante o acionamento de uma botoeira ou a centelha gerada dentro de um motor de indução quando em funcionamento. As fontes de ignição podem também ter origem não elétrica, como faísca de origem mecânica gerada por equipamentos de corte e acabamento, e de outras

origens como a radiação óptica (fonte de laser) e radiação ionizante (sensores de espessura a raios X) etc.

De acordo com Silva (2014), cinco etapas devem ser consideradas requisitos de segurança em atmosferas explosivas para evitar que os equipamentos elétricos não se tornem uma fonte de ignição.

1. Classificação da área: através do projeto de classificação da área é que se torna possível conhecer os níveis de risco envolvidos numa atmosfera explosiva. Esse projeto vai servir de base para a seleção dos equipamentos, instalação e montagem, inspeção e manutenção das instalações e dos equipamentos.
2. Seleção dos equipamentos: é fundamental que os equipamentos, componentes e acessórios sejam especificados de acordo com os dados do projeto de classificação de área. Os equipamentos elétricos para áreas são projetados e fabricados conforme norma específica para cada tipo de área e nível de risco, bem como devem atender às especificações do projeto de classificação da área.
3. Instalação: para conseguir o nível de segurança adequada, é necessário que a montagem e a instalação dos equipamentos sejam feitas segundo a norma ABNT NBR IEC 60079-14/2016 e as orientações do fabricante.
4. Inspeção: é a etapa final e o profissional responsável por ela deve verificar se os equipamentos, componentes, acessórios, montagem e instalação estão de acordo com o projeto de classificação da área, de modo que a segurança possa ser garantida. O plano de inspeção deve ser elaborado com base na norma ABNT NBR IEC 60079-17/2014.
5. Manutenção: outro aspecto que deve ser considerado para manter a segurança em áreas classificadas é um plano de manutenção periódico nos equipamentos e nas instalações conforme orientações contidas na norma ABNT NBR IEC 60079-17/2014.

Assim, o que classifica uma área é o produto envolvido no processo, que pode ser um gás ou poeira combustível, através de suas características físico-químicas bem definidas que preverão a sua presença na atmosfera explosiva, como pressão ou limites de explosividade do produto.

## **1.1 Justificativa**

Em unidades fabris por todo o mundo é comum a presença de componentes ou processos que produzam atmosfera explosiva. O conhecimento e a classificação destas zonas bem como o correto uso dos equipamentos elétricos dentro destas, deve ser verificado dentro da realidade de cada empresa. Devido ao grande risco de ignição oferecido, torna-se de suma importância o estudo para determinação dos locais e dos equipamentos. Os resultados devem

determinar a classificação destes ambientes em zonas para resguardarem as vidas humanas e preservar o patrimônio da empresa.

Assim, o engenheiro eletricista é o profissional qualificado para realizar o projeto de classificação das áreas e também da seleção, instalação, inspeção dos equipamentos elétricos, bem como, todo o projeto de instalações elétricas em locais com atmosferas explosivas.

## **1.2 Objetivos do trabalho**

Este trabalho tem por finalidade apresentar os procedimentos adotados para classificar áreas em locais de atmosferas explosivas, usando como base a norma ABNT NBR IEC 60079-10-1/2009 e, listar as informações fundamentais que devem estar contidas em um projeto de classificação da área. Prosseguindo, são apresentados os requisitos normativos, com base nas ABNT NBR IEC 60079-14/2016 e 60079-0/2013, necessários para selecionar equipamentos elétricos a serem instalados em áreas com presença de gases ou vapores inflamáveis. Após explanação teórica, o trabalho é finalizado com um estudo de caso de uma unidade de processo de fabricação de defensivos agrícolas, realizando a classificação das zonas e por seguinte a avaliação dos equipamentos elétricos localizados dentro do perímetro considerado como atmosfera explosiva.

## **1.3 Estrutura do trabalho**

Este trabalho está estruturado em sete Capítulos organizados conforme indicado a seguir.

O Capítulo 2 apresenta definições normativas e conceitos de fenômenos que são relevantes e estão relacionados com assunto.

O Capítulo 3 aborda as normas IEC e ABNT NBR que tratam de atmosferas explosivas. Mostra o papel do INMETRO como órgão regulamentador e certificador de produtos e descreve a função do Ministério do Trabalho através das normas regulamentadoras NR 10, NR 20, NR 23 e NR 33.

O Capítulo 4 trata dos objetivos e procedimentos para classificação de áreas com ênfase em gases e vapores inflamáveis, com abordagem das fontes, graus de riscos e extensão

da zona. Apresenta as informações que devem constar num projeto de classificação de área e exemplifica uma classificação de área conforme ABNT NBR IEC 60079-10-1/2009.

No Capítulo 5 o foco é a seleção de equipamentos elétricos em locais com gases e vapores inflamáveis através das ABNT NBR IEC 60079-14/2016 e 60079-0/2013. Para seleção dos equipamentos são abordados os requisitos de grupos de gases, classe de temperatura e tipos de invólucros de proteções. Segue com a identificação dos equipamentos através da marcação Ex e por fim as generalidades das instalações elétricas.

O Capítulo 6 apresenta um estudo de caso realizado em uma unidade de fabricação de defensivos agrícolas, com a análise dos equipamentos elétricos e a realização da classificação de área de forma teórica.

Por fim, o Capítulo 7 apresenta as conclusões obtidas e as perspectivas de trabalhos futuros.

## CAPÍTULO 2

### DEFINIÇÕES E CONCEITOS

Neste Capítulo são definidos termos de acordo com normas referenciadas e conceituados fenômenos que são relevantes e estão relacionados com o estudo da classificação de área e seleção de equipamentos elétricos.

#### **2.1 Atmosfera explosiva**

Mistura com o ar, sob condições atmosféricas, de substâncias inflamáveis na forma de gás, vapor, poeira, fibras ou partículas suspensas, na qual, após ignição, permite auto-sustentação da propagação (ABNT NBR IEC 60079-10-1/2009).

Atmosferas explosivas encontram-se nas indústrias de alimentos, como fabricação de açúcar em bruto ou refinado, nas indústrias que fabricam tintas e vernizes, nas indústrias petroquímicas e outras. Amônia, gasolina e hidrogênio são alguns exemplos de gases e vapores inflamáveis. O sisal, enxofre, farinha de trigo e aspirina são exemplos de fibras e poeiras combustíveis.

#### **2.2 Área classificada**

Área na qual uma atmosfera explosiva está presente, ou pode estar presente, em quantidade tal que requeira precauções especiais para a construção, instalação e utilização de equipamentos elétricos (ABNT NBR IEC 60079-0/2013).

As áreas com possibilidades ou presença de gases e vapores inflamáveis são classificadas como zona 0, zona 1 e zona 2, enquanto as áreas com possibilidades ou presença de poeiras combustíveis são classificadas como zona 20, zona 21 e zona 22.



## 2.6 Grisu

É uma mistura inflamável de gases encontrada em minas subterrâneas de carvão. A atmosfera explosiva de grisu é formada normalmente pelo gás metano e podem existir pequenas quantidades de outros gases como nitrogênio, dióxido de carbono e hidrogênio (Silva, 2014).

Gases como o etano e o monóxido de carbono em algumas situações, de forma natural, são encontrados também no grisu.

## 2.7 Poeira combustível

Partículas sólidas finamente divididas, com 500 µm ou tamanho nominal menor, as quais podem estar suspensas no ar, podem estar soltas na atmosfera sob seu próprio peso, pode queimar ou incandescer no ar e pode formar misturas explosivas com o a pressão atmosférica e temperatura normal (ABNT NBR IEC 60079-0/2013).

Da mesma forma, camadas de poeira depositadas sobre os equipamentos podem entrar em combustão devido ao calor desses equipamentos. As características de algumas poeiras combustíveis são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 2.1 – Características de algumas poeiras combustíveis

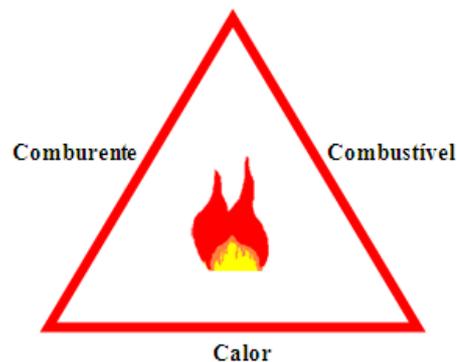
Produto que geram poeiras combustíveis	Temperatura ignição (°C)	
	Camada	Nuvem
Carvão mineral	170	610
Milho	250	400
Alumínio em pó extrafino	326	610
Açúcar em pó	400 <sup>(*)</sup>	370
Farinha de trigo	440	440
Arroz	450	510

Fonte: Silva (2014, p. 25) (\*) Ignição através de chama. Demais por queima, sem chama.

## 2.8 Triângulo do fogo

O triângulo do fogo representa os três fatores que juntos podem causar uma explosão. O comburente é o oxigênio presente no ar, o combustível é substância inflamável e o calor é a ignição necessária para iniciar o fogo.

Figura 2.2 – Triângulo do fogo.



Fonte: Autor.

Se numa atmosfera explosiva os três elementos do fogo estiverem presentes simultaneamente, certamente ocorrerá uma explosão, mas desde que a atmosfera explosiva encontre-se acima do limite inferior de explosividade e abaixo do limite superior de explosividade. Os limites de explosividade são também chamados de limites de inflamabilidade. Extinguir o calor com uma adequada seleção de equipamentos é fundamental num local com a presença de atmosfera explosiva.

## 2.9 Fontes de ignição

De um modo simples, pode-se dizer que a fonte de ignição é uma fonte de energia. Ela pode ter origem do calor gerado nas superfícies dos equipamentos elétricos ou do centelhamento de origem elétrica ou não elétrica. A seguir são apresentadas origens de algumas fontes de ignição conforme Silva (2014):

- Correntes elétricas de fuga;
- Descarga atmosférica;
- Eletricidade estática (fricção, rolamento, transferência de líquidos inflamáveis,

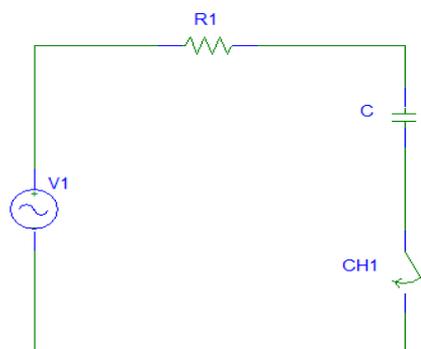
etc.);

- Ondas eletromagnéticas de  $3 \times 10^{11} - 3 \times 10^{15}$  Hz (forno solares);
- Ondas eletromagnéticas de frequência de rádio  $10^4 - 3 \times 10^{12}$  Hz (transmissores de rádio, geradores industriais, etc.);
- Radiação por ionização (raios X, etc.);
- Ultrassons (transdutor eletroacústico, etc.);
- Reação exotérmica, incluindo autoignição de poeira;
- Superfície quente (motores elétricos, cabines de secagem, etc.);
- Chamas e gases quentes (incluindo partículas quentes);
- Faísca de origem mecânica (soldas, cortes, esmerilhamentos, etc.);
- Mecânica (esteira, elevadores, moinhos, separadores, etc.).

Os circuitos RC e RL são exemplos de fontes de ignição de origem elétrica. Esses circuitos armazenam energia através do capacitor C e do indutor L. As chaves CH1 e CH2 são dispositivos desses circuitos que geram arcos elétricos no momento do liga-desliga conforme Ribeiro (2004).

No circuito capacitivo da Figura 2.3 é gerado um campo elétrico nas placas de C e quando a chave CH1 é fechada a energia é liberada. Pela equação (2.1) verifica-se que a energia  $E_c$  é diretamente proporcional a tensão  $V_1$  aplicada no circuito, assim quanto maior a tensão aplicada, maior será a energia armazenada.

Figura 2.3 – Circuito RC.

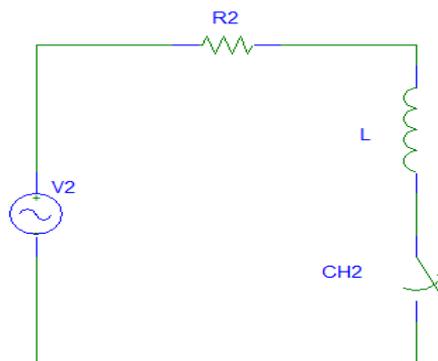


Fonte: Autor.

$$E_c = \frac{1}{2} C \cdot (V_1)^2 \quad (2.1)$$

Na Figura 2.4, a energia elétrica armazenada no circuito indutivo é consequência do campo magnético gerado no indutor L. Quando a chave CH2 abre, a corrente elétrica  $I_L$  no indutor é interrompida e a energia  $E_L$  é liberada. Pela equação (2.2) verifica-se que  $E_L$  é diretamente proporcional a corrente  $I_L$ , assim quanto maior a corrente maior será a energia armazenada.

Figura 2.4 – Circuito RL.



Fonte: Autor.

$$E_L = \frac{1}{2} L \cdot (I)^2 \quad (2.2)$$

Assim pode-se concluir que, quanto mais lento ocorrer o fechamento da chave CH1 ou quanto mais rápido for a abertura da chave CH2, maior será o perigo do aparecimento de arcos voltaicos nestes circuitos elétricos.

## 2.10 Temperatura de ignição e ponto de fulgor

A temperatura de ignição é uma temperatura fixa acima da qual uma mistura inflamável é capaz de extrair energia suficiente do ambiente para entrar em combustão espontaneamente, ou seja, é a temperatura mínima na qual o produto irá queimar sem que uma chama ou faísca esteja presente.

Para uma atmosfera explosiva de gás ou vapor, a temperatura de ignição é a menor temperatura de uma superfície aquecida que, sob condições específicas, pode causar a ignição de uma substância inflamável na forma de uma mistura de gás ou vapor com o ar (ABNT NBR IEC 60050-426/2011).

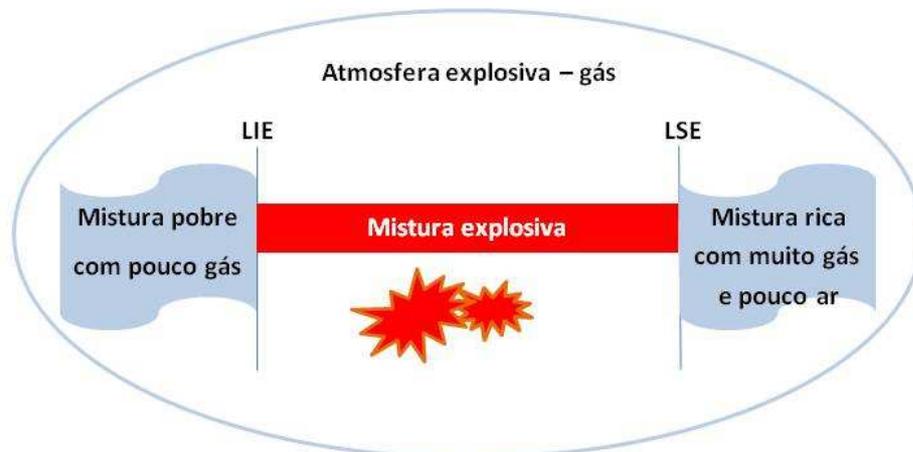
O ponto de fulgor (flash point) é a menor temperatura na qual, sob condições normalizadas, um líquido libera vapor em quantidade suficiente para ser capaz de formar uma mistura inflamável ar/vapor (ABNT NBR IEC 60079-10-1/2009).

O álcool etílico tem ponto de fulgor baixo, aproximadamente 13 °C, assim seus vapores inflamam facilmente. Com a madeira ocorre o contrário, seu ponto de fulgor é alto, em torno de 150 °C, por isso é necessário muito calor para gerar essa temperatura e liberar gases.

## 2.11 Limite inferior de explosividade e limite superior de explosividade

O limite inferior de explosividade é a concentração de gás, vapor ou névoa inflamável no ar, abaixo da qual uma atmosfera explosiva de gás não é formada. O limite superior de explosividade é a concentração de gás, vapor ou névoa inflamável no ar, acima do qual uma atmosfera explosiva de gás não é formada (ABNT NBR IEC 60079-10-1/2009).

Figura 2.5 – Limites de explosividade.



Fonte: Autor.

Na Figura 2.5, para um determinado combustível, é possível ver que entre a faixa de concentração 0% e o LIE existe pouco gás, ou seja, uma concentração abaixo do LIE a mistura gás e oxigênio é muito pobre para sustentar a queima. Na faixa entre LSE e concentração 100% existe muito gás, ou seja, uma concentração acima de LSE a mistura gás e oxigênio é muito rica para queimar. A queima do gás ocorrerá na faixa entre LIE e LSE onde a mistura gás e oxigênio é suficiente para causar explosão conforme o triângulo do fogo.

## 2.12 Densidade relativa de um gás ou vapor

Densidade de um gás ou vapor em relação à densidade do ar na mesma pressão e na mesma temperatura. A densidade relativa do ar é igual a 1,0 (ABNT NBR IEC 60079-10-1/2009).

## 2.13 Taxa de liberação

Quantidade de gás, vapor ou névoa inflamável emitida por unidade de tempo pela fonte de risco (ABNT NBR IEC 60079-10-1/2009).

## 2.14 Equipamentos elétricos para atmosferas explosivas

São equipamentos elétricos projetados e fabricados de acordo com normas específicas de tal modo que não provoquem a ignição de uma atmosfera explosiva ao seu redor (Silva, 2014).

Os equipamentos elétricos para uso em atmosferas explosivas são denominados também de equipamentos *Ex*.

A Figura 2.6 mostra o centelhador de separação aplicável em áreas classificadas do fabricante OBO Bettermann. O centelhador é um dispositivo para equalização de potencial para correntes de impulso oriundas das descargas atmosféricas e assim, protege a instalação impedindo que estas correntes se tornem fontes de ignição. Este centelhador, modelo 480 350, é blindado e resistente a descarga atmosférica. A Figura 2.7 mostra a instalação de centelhadores nos flanges de um sistema de tubulação de gás não liquefeito.

Figura 2.6 – Dispositivo de proteção: centelhador de separação.



Fonte: Catálogo TBS – OBO BETTERMANN.

Figura 2.7 – Centelhadores de separação instalados em flanges.



Fonte: Catálogo TBS – OBO BETTERMANN.

## 2.15 Invólucro

Invólucro de um equipamento para atmosfera explosiva é o conjunto de paredes que circundam as partes energizadas de equipamentos elétricos, incluindo, portas, tampas, prensa-cabos, hastes, dobradiças e eixos (ABNT NBR IEC 60050-426/2011).

## 2.16 Nível de proteção de equipamento - 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 grisu (ABNT NBR IEC 60079-0/2013).

O nível de proteção do equipamento pode opcionalmente ser empregado como parte de uma avaliação de risco completa de uma instalação conforme a ABNT NBR IEC 60079-14/2016.

## 2.17 Grau de proteção do invólucro - IP

É a classificação numérica de acordo com a ABNT NBR IEC 60529/2017 precedida pelo símbolo IP aplicado ao invólucro do equipamento elétrico para fornecer:

- Proteção das pessoas contra contato com, ou aproximação às partes vivas, e contra contato com partes móveis (exceto eixos lisos de rotação e semelhantes) dentro do invólucro;
- Proteção do equipamento elétrico contra ingresso de objetos sólidos estranhos;
- Quando indicado pela classificação, proteção do equipamento elétrico contra entrada de água prejudicial.

O grau de proteção é representado por dois números. O primeiro número indica a proteção do invólucro contra a penetração de corpos sólidos e o segundo número indica a proteção do invólucro contra a penetração de água.

Tabela 2.2 – Grau de proteção para invólucros contra a penetração de corpo sólido.

Primeiro	Descrição	Definição
0	Não protegido	-
1	Proteção contra objetos sólidos com diâmetro igual ou maior que 50 mm	O calibrador esfera com diâmetro de 50 mm não deve penetrar totalmente.
2	Proteção contra objetos sólidos com diâmetro igual ou maior que 2,5 mm	O dedo de prova normalizado com diâmetro de 12 mm e comprimento de 80 mm não deve penetrar totalmente
3	Proteção contra objetos sólidos com diâmetro igual ou maior que 12,5 mm	A haste com 2,5 mm de diâmetro não deve penetrar totalmente.
4	Proteção contra objetos sólidos com diâmetro igual ou maior que 1,0 mm	Fio de 1,0 mm de diâmetro não deve penetrar totalmente.
5	Proteção contra poeira	Não é totalmente protegido contra a penetração de poeira, mas a poeira não deve penetrar em quantidade suficiente que prejudique a operação do equipamento.
6	Totalmente protegido contra poeira	Nenhuma penetração de poeira

Fonte: Silva (2014, p. 32).

Tabela 2.3 – Grau de proteção para invólucros contra a penetração de água.

Primeiro	Descrição	Definição
0	Não protegido	-
1	Proteção contra gotas de água caindo na vertical	Gotas de água caindo na vertical não devem ter efeitos prejudiciais..
2	Proteção contra gotas de água caindo na vertical, quando o invólucro for inclinado até 15°	A queda de gotas de água vertical não deve ter efeitos prejudiciais quando o invólucro estiver inclinado de até 15° de cada lado de sua posição vertical.
3	Proteção contra aspersão d'água	Água aspergida projetada de até 60° de lado da vertical contra o invólucro não deve ter efeitos prejudiciais..
4	Proteção contra projeções de água	Água projetada de qualquer direção contra o invólucro não deve ter efeitos prejudiciais.
5	Proteção contra jatos de água	Água projetada de qualquer direção contra o invólucro não deve ter efeitos prejudiciais..
6	Proteção contra jatos potentes de água	Água projetada com jatos potentes contra o invólucro em qualquer direção não deve ter efeitos prejudiciais..
7	Proteção contra os efeitos de imersão temporária em água	Quando o invólucro estiver imerso temporariamente em água sob condições padronizadas de pressão e tempo, não deve ser possível a penetração de água em quantidade prejudicial.
8	Proteção contra os efeitos de imersão contínua em água	Quando o invólucro estiver imerso continuamente em água sob condições previamente acordadas entre fabricante e o usuário, não pode haver penetração de água em quantidade prejudicial, porém as condições de ensaio devem ser mais severas do que as do numeral 7.

Fonte: Silva (2014, p. 34).

## 2.18 Ventilação

A ventilação é o movimento do ar e sua renovação com ar fresco devido aos efeitos, gradiente de temperatura ou meios artificiais (ABNT NBR IEC 60079-10-1/2009). A ventilação é um parâmetro importante na classificação de área.

Quando o local não possui obstáculo que dificulte ou impossibilite o movimento do ar, este local possui ventilação natural. Local com obstáculos que dificultem, mas não impeçam a circulação natural do ar, é um local com ventilação limitada. Já o local que não

tem a movimentação do ar e pode acumular gases ou vapores inflamáveis é um local com ventilação impedida.

Os locais onde a ventilação é impedida necessitam de ventilação artificial, através de um sistema de insuflamento de ar ou sistema exaustão/insuflamento, evitando assim a formação de mistura inflável e tornando o local seguro.

### **2.19 Equipamentos transportáveis e portáteis - Gás**

São equipamentos que podem estar dentro de áreas classificadas somente temporariamente. Tais equipamentos podem incluir, por exemplo, geradores de emergência, máquinas de solda a arco elétrico, caminhões com guinchos industriais, compressores de ar, sopradores ou ventiladores de ar, ferramentas portáteis eletricamente alimentadas e certos equipamentos de ensaio e de inspeção. (ABNT NBR IEC 60079-14/2016).

## CAPÍTULO 3

### NORMAS E LEGISLAÇÃO

#### 3.1 Introdução

Neste Capítulo será apresentada a origem e importância das normas técnicas para atividades na presença de atmosferas explosivas, bem como, as instituições que certificam os produtos utilizados em atmosferas explosivas e que protegem os trabalhadores que exercem atividades nestes locais.

#### 3.2 Normas Técnicas

As normas técnicas têm a finalidade de padronizar e dá diretrizes nos projetos, nas instalações e nos critérios dos produtos (em relação aos ensaios) utilizados em atmosferas explosivas. Assim, as normas contribuem, orientam e ditam requisitos necessários na classificação de áreas e na seleção de equipamentos e acessórios para instalação em locais com atmosferas explosivas.

Desde a década de 80 a ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnica) adota a normalização internacional da IEC nas suas normas sobre atmosferas explosivas. Antes o Brasil adotava as normas americanas NEC/API – National Electrical Code/ American Petroleum Institute.

#### 3.3 IEC

A IEC, *International Electrotechnical Commission* (em português, Comissão Internacional de Eletrotécnica) é uma federação mundial integrada por organismos nacionais de normalização e possui representantes de cada país, atuando na normalização internacional nas áreas de eletricidade, eletrônica e áreas relacionadas. Com sede em Genebra, Suíça, ela é uma organização não governamental, sem fins lucrativos que foi fundada em 1906. A IEC é afiliada a ISO (International Organization for Standardization), mas possui autonomia financeira e técnica. Com a ISO, a IEC desenvolve padrões nas áreas já citadas e posteriormente, ela edita e publica normas internacionais baseadas em consenso, bem como

gerencia sistemas de avaliação da conformidade para equipamentos elétricos e eletrônicos, sistemas e serviços, abrangendo todos os segmentos conhecidos no campo da “eletrotecnologia”. A CENELEC (Comitê Europeu de Normalização em Eletrotécnica), com sede em Bruxelas, Bélgica, também utiliza como base em suas normas a normalização IEC.

Conforme o site O Setor Elétrico, a IEC em sua composição possui comitês e subcomitês e, dentre os comitês técnicos, o TC-31 (Comitê Técnico 31) é o responsável pela elaboração das normas internacionais relativas aos equipamentos elétricos utilizados na presença de atmosferas explosivas.

### **3.4 ABNT**

A ABNT é responsável pela publicação das Normas Brasileiras (ABNT NBR), elaboradas por seus Comitês Brasileiros (ABNT/CB), Organismos de Normalização Setorial (ABNT/ONS) e Comissões de Estudo Especiais (ABNT/CEE). Fundada em 28 de setembro de 1940, a ABNT é uma entidade de direito privada sem fins lucrativos e desde sua fundação é membro da IEC, conforme o site NR 10 FACIL.

O COBEI, Comitê Brasileiro de Eletricidade, Eletrônica, Iluminação e Telecomunicações, é o responsável pelas normas brasileiras da ABNT representando o Brasil na IEC. O COBEI é formado por comitês e subcomitês, e cada subcomitê é responsável por uma especialidade da área de tecnologia, conforme consta no site do Cobei.

De acordo com o site O Setor Elétrico, o subcomitê SC-31 tem a mesma finalidade do TC-31 da IEC, que é participar, elaborar, revisar e manter atualizadas e equivalentes com a normalização internacional IEC as respectivas normas da ABNT das séries IEC 60079 (Atmosferas Explosivas), IEC 61241 (Poeiras Combustíveis), IEC 62086 (Traço Elétrico Resistivo “Ex”), IEC 62013 (Lanternas para capacetes “Ex” para utilização em minas subterrâneas) e ISO/IEC 80079 - Equipamentos mecânicos “Ex”.

O COBEI é uma associação civil de direito privado, sem fins lucrativos, com prazo de duração indeterminado e é regido por um estatuto. Tem sua sede na cidade de São Paulo, foi fundado em 1908 e incorporado na ABNT em 1940 como ABNT/CB-03 (Comitê Brasileiro de Eletricidade).

Na Tabela 3.1 estão relacionadas as normas ABNT NBR IEC60079 que estão em vigor conforme fonte ABNT.

Tabela 3.1 – Normas ABNT NBR IEC para atmosferas explosivas.

<b>Código</b>	<b>Título</b>	<b>Data</b>
ABNT NBR IEC 60079-6 /2015	Atmosferas explosivas Parte 6: Proteção de equipamentos por imersão em líquido "o"	16/05/2016
ABNT NBR IEC 60079-40/2015	Atmosferas explosivas Parte 40: Requisitos para selagem do processo entre fluídos inflamáveis do processo e sistemas elétricos	01/12/2016
ABNT NBR IEC 60079-28/2016	Atmosferas explosivas Parte 28: Proteção de equipamentos e de sistemas de transmissão que utilizam radiação óptica	17/12/2016
ABNT NBR IEC 60079-14/2016	Atmosferas explosivas Parte 14: Projeto, seleção e montagem de instalações elétricas	07/11/2016
ABNT NBR IEC 60079-2 /2016	Atmosferas explosivas Parte 2: Proteção de equipamentos por invólucro pressurizado "p"	13/10/2016
ABNT NBR IEC 60079-19/2016	Atmosferas explosivas Parte 19: Reparo, revisão e recuperação de equipamentos.	10/08/2016
ABNT NBR IEC 60079-26/2016	Atmosferas explosivas Parte 26: Equipamento com nível de proteção de equipamento (EPL) Ga.	01/08/2016
ABNT NBR IEC 60079-5/2016	Atmosferas explosivas Parte 5: Proteção de equipamentos por imersão em areia "q".	01/08/2016
ABNT NBR IEC 60079-18/2016	Atmosferas explosivas Parte 28: Proteção de equipamento por encapsulamento "m".	11/07/2016
ABNT NBR IEC 60079-1/2016	Atmosferas explosivas Parte 1: : Proteção de equipamento por invólucro à prova de explosão "d"	21/06/2016
ABNT NBR IEC 60079-10-2 /2016	Atmosferas explosivas Parte 10-2: Classificação de áreas – Atmosferas de poeiras combustíveis.	21/06/2016
ABNT NBR IEC 60079-0 /2013 Errata 2/2016	Atmosferas explosivas Parte 0: Equipamentos - Requisitos gerais	06/06/2016
ABNT NBR IEC 60079-33/2015	Atmosferas explosivas Parte 33: Proteção de equipamentos por proteção "s"	07/04/2015
ABNT NBR IEC 60079-29-4/2014	Atmosferas explosivas Parte 17: Detectores de gás - Requisitos de desempenho de detectores de caminho aberto para gases inflamáveis	21/11/2014
ABNT NBR IEC 60079-17/2014	Atmosferas explosivas Parte 17: Inspeção e manutenção de instalações elétricas	27/10/2014
ABNT NBR IEC 60079-31/2014	Atmosferas explosivas Parte 31: Proteção de equipamentos contra ignição de poeira por invólucro "t"	08/10/2014
ABNT NBR IEC 60079-0 /2013 Errata 1/2014	Atmosferas explosivas Parte 0: Equipamentos - Requisitos gerais	10/09/2014
ABNT NBR IEC 60079-20- 1 /2011 Errata 2/2014	Atmosferas explosivas Parte 20-1: Características de substâncias para classificação de gases e vapores – Métodos de ensaios e dados.	11/08/2014
ABNT NBR IEC 60079-30-1 /2014	Atmosferas explosivas Parte 15: Traceamento elétrico resistivo - Requisitos gerais e de ensaios	25/02/2014
ABNT NBR IEC 60079-11 /2013	Atmosferas explosivas Parte 11: Proteção de equipamentos por segurança intrínseca "i"	11/11/2013

Fonte: ABNT. Disponível: <<https://www.abntcolegao.com.br/ufc/grid.aspx>>.

Continua Tabela 3.1 – Normas ABNT NBR IEC para atmosferas explosivas.

<b>Código</b>	<b>Título</b>	<b>Data</b>
ABNT NBR IEC 60079-30-2 /2013	Atmosferas explosivas Parte 30-2: Traçamento elétrico resistivo - Procedimento para aplicação em projeto, instalação e manutenção	07/10/2013
ABNT NBR IEC 60079-0/2013 Versão Corrigida 2 /2016	Atmosferas explosivas Parte 0: Equipamentos - Requisitos gerais	11/06/2013
ABNT NBR IEC 60079-35-1 /2013	Atmosferas explosivas Parte 35-1: Lanternas para capacetes para utilização em minas sujeitas a grisú - Requisitos gerais - Construção e ensaios em relação ao risco de explosão	11/06/2013
ABNT NBR IEC 60079-35-2 /2013	Atmosferas explosivas Parte 35-1: Lanternas para capacetes para utilização em minas sujeitas a grisú - Desempenho e outros requisitos relacionados a segurança	11/06/2013
ABNT NBR IEC 60079-20-1 /2011 Errata 1 /2013	Atmosferas explosivas Parte 20-1: Características de substâncias para classificação de gases e vapores - Método de ensaios e dados	08/01/2013
ABNT NBR IEC 60079-15/2012	Atmosferas explosivas Parte 15: Proteção de equipamentos por tipo de proteção "n".	28/06/2012
ABNT NBR IEC 60079-13/2012	Atmosferas explosivas Parte 13: Proteção de equipamentos por ambiente pressurizado "p"	18/04/2012
ABNT NBR IEC 60079-25/2011	Atmosferas explosivas Parte 25: Sistemas elétricos intrinsecamente seguros	12/12/2011
ABNT NBR IEC 60079-20-1 /2011 Versão Corrigida 2 /2014	Atmosferas explosivas Parte 20-1: Características de substâncias para classificação de gases e vapores – Métodos de ensaios e dados	19/07/2011
ABNT NBR IEC 60079-29-2 /2011	Atmosferas explosivas Parte 29-2: Detectores de gases – Seleção, instalação, utilização e manutenção de detectores para gases inflamáveis e oxigênio	21/03/2011
ABNT NBR IEC 60079-7 /2008 Errata 1 /2010	Atmosferas explosivas Parte 7: Proteção de equipamentos por segurança aumentada "e".	16/04/2010
ABNT NBR IEC 60079-10-1 /2009	Atmosferas explosivas Parte 10-1: Classificação de áreas – Atmosferas explosivas de gás.	18/06/2009
ABNT IEC/TR 60079-16 /2009.	Equipamentos elétricos para atmosferas explosivas. Parte 16: Ventilação artificial para a proteção de casa de analisadores.	02/02/2009
ABNT NBR IEC 60079-29-1 /2008	Atmosferas explosivas Parte 29-1: Detectores de gás – Requisitos de desempenho de detectores para gases inflamáveis.	27/10/2008
ABNT NBR IEC 60079-7/2008 Versão Corrigida 2010	Atmosferas explosivas Parte 7: Proteção de equipamentos por segurança aumentada "e"	11/02/2008
ABNT NBR IEC 60081/1997	Lâmpadas fluorescentes tubulares para iluminação geral	30/07/1997

Fonte: ABNT. Disponível: <<https://www.abntcolegao.com.br/ufc/grid.aspx>>.

### 3.5 INMETRO

O Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia – Inmetro - é uma autarquia federal, vinculada ao Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior.

O Inmetro através de seu Programa de Avaliação da Conformidade realiza a certificação, etiquetagem, inspeção e ensaios em equipamentos elétricos em atmosferas explosivas para os produtos nacionais e importados.

As normas técnicas “Ex” ABNT NBR IEC 60079 são essenciais e contribuem como base para a legislação vigente do Inmetro, que são emitidas através de portarias.

Atualmente, os Requisitos de Avaliação da Conformidade de Equipamentos Elétricos para Atmosferas Explosivas, nas Condições de Gases e Vapores Inflamáveis e Poeiras Combustíveis encontram-se regidos pela portaria nº 179/2010, alterada pela portaria nº 83/2012.

### 3.6 Ministério do Trabalho

No que diz respeito à segurança e saúde no trabalho, o Ministério do Trabalho e Emprego elabora e revisa as Normas Regulamentadoras (NR) que complementam o capítulo V da CLT. O objetivo principal das normas é prevenir a ocorrência de doenças e acidentes de trabalho, pois nelas constam obrigações, direitos e deveres que devem ser cumpridos por empregadores e empregados. Quando as normas não são cumpridas pelos empregadores, os mesmos receberão penalidades previstas na legislação pertinente.

Em atmosferas explosivas, temos como principais normas regulamentadoras:

- NR 10 - Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade;
- NR 20 - Segurança e Saúde no Trabalho com Inflamáveis e Combustíveis;
- NR 23 - Proteção Contra Incêndios;
- NR 33 - Segurança e Saúde nos Trabalhos em Espaços Confinados.

No campo do direito, em situações de acidentes em que ocorram sinistros sem vítimas, os gestores da empresa responderão civilmente e sinistro com vítimas responderão no

âmbito cível e penal. Nas agressões ao meio ambiente e seus componentes, como flora e fauna, a empresa será punida conforme as normas e leis ambientais vigentes.

## CAPÍTULO 4

### CLASSIFICAÇÃO DE ÁREA

#### 4.1 Introdução

Neste Capítulo serão apresentados, tendo como referência a ABNT NBR IEC 60079-10-1/2009, os requisitos e procedimentos para classificar áreas e também as informações que devem constar no projeto de classificação. Será apresentado também um exemplo de classificação de área conforme o anexo C da norma.

#### 4.2 Objetivos da classificação de área

Conforme Silva (2014), uma área é classificada a partir do momento em que um profissional faz o estudo e apresenta o projeto de classificação da área conforme a norma ABNT NBR IEC 60079-10-1/2009 – para atmosferas com gases, vapores ou névoa – e ABNT NBR IEC 60079-10-2/2016 – para atmosferas com poeira, fibra e pó combustível.

As instalações elétricas devem ser adaptadas de acordo com o risco presente no local (quanto maior o risco mais precauções devem ser adotadas) para que estas instalações e os equipamentos elétricos não se tornem uma fonte de ignição. A probabilidade de ocorrência de uma atmosfera explosiva determinará quais áreas serão consideradas como zonas de risco, bem como o nível de risco de cada zona. As zonas 0 e 1 precisam ser minimizadas em quantidade e extensão, assim o um projeto deve buscar ter áreas classificadas como zona 2 ou como zona não classificada. Concluída a classificação de área, pode-se fazer uma nova avaliação para confirmar o nível de proteção dos equipamentos conforme as consequências da ignição da atmosfera explosiva.

Após a classificação de áreas, quaisquer alterações nos locais, nos procedimentos e nos equipamentos instalados devem ser realizadas de forma criteriosamente para que o projeto original seja respeitado.

## **4.3 Procedimentos de classificação de áreas**

### **4.3.1 Considerações**

Para realizar a classificação de área é necessário que o engenheiro eletricitista compreenda as propriedades dos materiais inflamáveis, se familiarize com os equipamentos elétricos pertencentes ao processo e que os outros profissionais qualificados da empresa se envolvam na classificação. Todas as plantas, como as de tubulação, diagramas e outras informações, devem está disponíveis e confirmadas no projeto antes da planta entrar em operação. Se ocorrer alguma alteração no processo, no manuseio dos produtos ou modificações no layout das instalações durante o tempo de vida da planta, o projeto necessitará de atualização.

### **4.3.2 Fonte de risco**

Basicamente, para definir as áreas classificadas é preciso identificar a fonte de risco e determinar o grau da fonte de risco.

Conforme a ABNT NBR IEC 60079-10-1/2009, fonte de risco é um ponto ou local no qual um gás, vapor, névoa ou líquido pode ser liberado para a atmosfera de modo que uma atmosfera explosiva de gás possa ser formada.

São exemplos de fontes potenciais de risco de liberação de gases inflamáveis: flanges, respiros, válvulas, selo mecânico de uma bomba, selo de compressor, selo do eixo de uma válvula, tanques, abertura dos vasos, superfície do líquido no interior de um vaso, derrame ou vazamento de líquido próximo do vaso, derramamento de líquido ao nível do solo, transbordamento de um caminhão-tanque, distúrbio ou operação anormal do processo, etc.

Conforme o líquido inflamável ou gás envolvido no processo e a probabilidade de formação de atmosfera explosiva de gás, a fonte de risco origina três graus de riscos, listado a seguir:

- a) Fonte de risco de grau contínuo: a liberação é contínua ou é esperada para ocorrer frequentemente ou por longos períodos;
- b) Fonte de risco de grau primário: liberação que pode ser esperada para ocorrer periodicamente ou ocasionalmente durante operação normal;

- c) Fonte de risco de grau secundário: liberação que não é esperada para ocorrer em operação normal e, se ocorrer, é somente de forma pouco frequente e por curtos períodos.

Partindo da fonte de risco processo, o local é dividido em zonas em função da frequência de ocorrência e do tempo de duração de uma atmosfera explosiva de gás. A Tabela 4.1 apresenta os tipos de zonas e suas definições conforme a norma vigente.

Tabela 4.1 – Zonas em atmosferas explosivas a gás e vapor.

Zona	Área	Fonte de risco
0	Área na qual uma atmosfera explosiva de gás está presente continuamente ou por longos períodos ou frequentemente	Contínua
1	Área na qual uma atmosfera explosiva de gás é provável de ocorrer em condições normais de operação ocasionalmente	Primária
2	Área na qual uma atmosfera explosiva de gás não é provável de ocorrer em condições normais de operação, mas, se ocorrer, irá persistir somente por um curto período.	Secundária
Não classificada	Área na qual uma atmosfera explosiva não é prevista para estar presente em quantidades tais que requeiram precauções especiais para a construção, instalação e utilização de equipamentos	Sem risco

Fonte: ABNT NBR IEC 60079-10-1/2009.

Para avaliar a classificação da área é necessário analisar o produto manuseado, o processo, as prováveis fontes de ignição e as características da instalação.

A API – American Petroleum Institute – realizou um estudo com a estatística de frequência de presença de mistura explosiva para classificação de zonas. Esse estudo pode ser utilizado como referência pelos projetistas de classificação de área.

Tabela 4.2 – Estatística de frequência de presença de mistura explosiva para classificação de Zonas. API RP

Zona	Fonte de risco	Tempo de presença de atmosfera explosiva por ano (cerca de 10.000 horas)	% de tempo de presença por ano
Zona 0	Contínua	1.000 horas ou mais por ano	> 10 %
Zona 1	Primária	10 < horas por ano < 1.000	0,1 % a 10 %
Zona 2	Secundária	1 < horas por ano < 10	0,01 % a 0,1 %
Área não classificada	Sem risco	Menos que 1 hora por ano	< 0,01 %

Fonte: COBEI

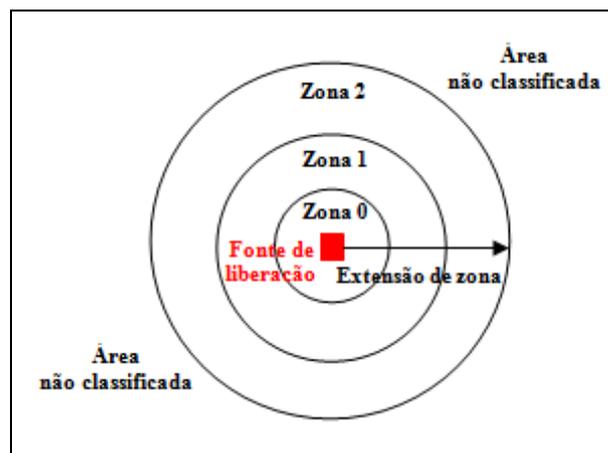
Com informação complementar, nas atmosferas explosivas formadas por poeiras e fibras, ocorre alteração na nomenclatura dos tipos de zonas, que são definidas como Zona 20, Zona 21 e Zona 22 de acordo com norma ABNT NBR 60079-10-2/2016.

### 4.3.3 Extensão de zona

Para definir as regiões de área classificadas e prevenir quanto ao risco de ignição é necessário estimar a extensão de zona.

Conforme a ABNT NBR IEC 60079-10-1/2009 a extensão de zona é a distância em qualquer direção da fonte de risco (fonte de liberação) ao ponto onde a mistura gás/ar tenha sido diluída pelo ar um valor abaixo do limite inferior de explosividade.

Figura 4.1 – Vista superior de uma área classificada indicando a extensão de zona.



Fonte: Autor.

Jordão (2002) considera que determinar a forma e a extensão de áreas classificadas não é uma tarefa fácil, pois depende de fatores externos, sendo sua decisão subjetiva por tratar-se de uma ciência não exata.

Estimar a extensão de zona é analisar o vazamento de um gás e da distância entre a fonte do vazamento até o local com menor concentração do limite inferior de explosividade.

Parâmetros químicos e físicos do material inflamável e outros parâmetros específicos do processo afetam a extensão da zona. A Tabela 4.3 apresenta alguns desses parâmetros.

Tabela 4.3 – Parâmetros que influenciam na extensão de zonas.

Parâmetros	Extensão de zona	Exemplo
Pressão	A pressão do elemento ou a pressão no processo relaciona-se com a taxa de liberação do material e com a geometria da fonte de risco. Quanto maior a taxa de liberação, maior a extensão da zona.	-
LIE	Para um volume liberado (vazamento), quanto mais baixo o LIE, maior a extensão da zona.	-
Densidade relativa	Se $D_g < D_{ar}$ , maior expansão do gás no local e menor a extensão da zona. Se $D_g > D_{ar}$ , maior concentra de gás no local e maior extensão da zona. Ocorrências de expansão vertical e expansão horizontal do gás.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gás natural</li> <li>• Gás liquefeito de petróleo</li> </ul>
Volatilidade	Relaciona-se com facilidade do líquido passar para o estado gás/vapor, surgindo pressão de gás/vapor e calor de vaporização influenciando a extensão da zona.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Álcool hidratado</li> </ul>
Geometria da fonte de risco	Relaciona-se com as características físicas da fonte de risco e pressão do elemento ou pressão do processo.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vazamento em um flange</li> <li>• Vazamento em um tanque</li> </ul>
Ventilação	Reduz ou aumenta a extensão da zona com a presença ou não de obstáculo na área.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ventilação natural</li> <li>• Ventilação artificial</li> </ul>

Fonte: Adaptação do autor da ABNT NBR IEC 60079-10-1/2009.

Assim como a geometria da fonte de risco, a ventilação é um parâmetro muito importante na classificação de área. Ela influencia no aumento ou na redução da extensão de zona (como área perigosa ou não), de acordo com a presença de obstáculos e de ventilação natural ou ventilação artificial no local. O grau de ventilação (baixo, médio ou alto) está relacionado com os tipos de fontes de riscos e suas correspondentes taxas de liberação gás de acordo com a velocidade do ar (natural) ou pelo número de trocas de ar por unidade de tempo (artificial).

Portanto, quanto maior a quantidade de ventilação em relação às taxas de liberação menor será a extensão de zonas. Em alguns casos a quantidade de ventilação não permite a formação de uma nuvem de gás (atmosfera explosiva), reduzindo a quantidade desse gás a valores desprezíveis e o local sendo classificado com área não classificada. Conforme ABNT NBR IEC 60079-10-1/2009 à medida que a disponibilidade ou a confiabilidade da ventilação diminui, o tipo de zona é normalmente elevado.

#### 4.3.4 Documentação

Todos os procedimentos adotados na classificação de área devem ser documentados. As normas referenciadas, os cálculos e métodos realizados devem ser anotados. Os documentos de classificação de áreas devem incluir plantas baixa e de elevações, indicando o tipo e a extensão das zonas, temperatura de ignição, bem como a classe de temperatura e o grupo de gás. As características de ventilação, identificação e enumeração das fontes de risco devem estar inclusos nos documentos para facilitar no cruzamento de informações entre os desenhos de classificação de áreas e as folhas de dados. Os resultados do estudo da classificação de áreas e quaisquer alterações subsequentes devem ser registrados. Na Tabela 4.3 constam informações obrigatórias que devem estar no relatório final de classificação de área.

Tabela 4.4 – Informações constantes no projeto de classificação de área.

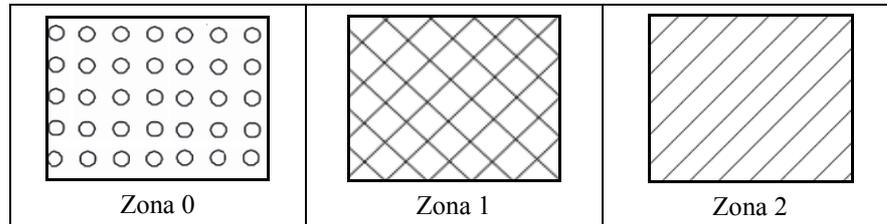
<b>Desenhos da instalação</b>	
Plantas baixas e de elevação Topografia Cortes Diagramas Fluxograma do processo	
<b>Informações sobre os produtos manuseados</b>	
<b>Para gases</b>	<b>Para líquidos inflamáveis</b>
Nome técnico e comercial Peso específico Limite inferior e superior de explosividade Temperatura de ignição Grupo e subgrupo	Ponto de fulgor Peso específico do vapor Limite inferior e superior de explosividade Temperatura de ignição Grupo e subgrupo
<b>Informações do manuseio</b>	
Sistema de processamento Exaustão nos pontos de manuseio Procedimentos operacionais Pontos de liberação do produto	

Fonte: Adaptação do autor da ABNT NBR IEC 60079-10-1/2009.

O desenho de classificação de área é um documento que exhibe todos os locais da unidade que possuem área classificada, os graus de riscos e as extensões em metros. Devem também ser identificadas as fontes geradoras e os produtos que geram riscos e, as condições do processo.

O anexo C da ABNT NBR IEC 60079-10-1/2009 sugere que os projetistas utilizem as simbologias indicadas na Figura 4.2 para identificar a delimitação de zonas em áreas classificadas com atmosferas explosivas de gás.

Figura 4.2 – Simbologias preferenciais para zonas de áreas classificadas.



Fonte: ABNT NBR IEC 60079-10-1/2009.

#### 4.4 Exemplo de classificação de área

A ABNT NBR IEC 60079-10-1/2009, no seu anexo C, exemplifica uma classificação de área de uma instalação de carregamento simples de caminhão-tanque (durante carregamento), situado em ambiente externo, para gasolina, com carregamento por cima, sem recuperação do vapor.

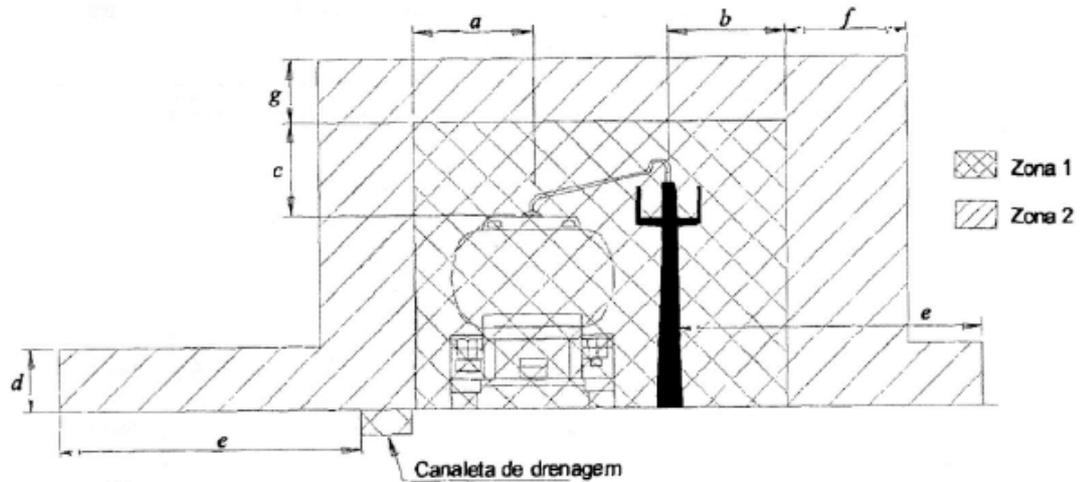
A Tabela 4.5 apresenta os dados que influenciam o tipo e a extensão das zonas.

Tabela 4.5 – Principais fatores que influenciam o tipo e a extensão das zonas.

<b>Planta do Processo</b>		
<b>Ventilação</b>	Tipo:	Natural
	Grau:	Médio
	Disponibilidade:	Boa
<b>Fonte de risco/ grau de risco</b>	Abertura no teto do tanque:	Primário
	Derramamento ao nível do solo:	Secundário
	Transbordamento do caminhão-tanque:	Secundário
<b>Produto</b>	Ponto de fulgor:	Abaixo das temperaturas do processo e do ambiente
	Densidade do vapor:	Mais pesado que o ar

Fonte: ABNT NBR IEC 60079-10-1/2009

Figura 4.3 – Delimitação de área classificada por gás.



Fonte: Anexo C ABNT NBR IEC 60079-10-1/2009

Levando em consideração os parâmetros relevantes, os dados apresentados na Tabela 4.5 são valores típicos que seriam obtidos para esse exemplo.

Tabela 4.6 – Dados da extensão das zonas em áreas classificadas.

a = 1,50 m	Horizontalmente da fonte de risco
b = 1,50 m	Horizontalmente da junta de articulação flexível
c = 1,50 m	Acima da fonte de risco
d = 1,00 m	Acima do nível do solo
e = 4,50 m	Horizontalmente da canaleta de drenagem
f = 1,50 m	Horizontalmente da zona 1
g = 1,00 m	Acima da zona 1

Fonte: Anexo C ABNT NBR IEC 60079-10-1/2009.

É importante ressaltar que, se o sistema for do tipo fechado com recuperação de vapor, as distâncias podem ser reduzidas, de modo que a zona 1 possa ser de extensão desprezível e a zona 2 significativamente reduzida.

## CAPÍTULO 5

### SELEÇÃO DE EQUIPAMENTOS

#### 5.1 Introdução

Neste capítulo, tendo como referências as normas ABNT NBR IEC 60079-0/2013 e ABNT NBR IEC 60079-14/2016, serão apresentados os requisitos para a correta seleção de equipamentos elétricos em atmosferas explosivas com presença de gás como grupo de equipamentos para gases, temperatura, invólucros de proteção e nível de proteção EPL. Posteriormente serão descritas as informações contidas na marcação Ex para os equipamentos e finalizando com as generalidades das instalações elétricas.

#### 5.2 Seleções dos equipamentos

Para selecionar equipamentos em locais com áreas classificadas com presença gás e líquidos inflamáveis, é necessário que as substâncias envolvidas sejam primordiais nesse processo. Grupos de equipamentos, classes de temperaturas, invólucros de proteção e níveis de proteção EPL são pré-requisitos para a seleção dos equipamentos elétricos.

##### 5.2.1 Grupos de equipamentos

Os gases e líquidos inflamáveis e as poeiras combustíveis foram divididos em grupos e subgrupos conforme o risco de ignição.

A Tabela 5.1 apresenta para gases e poeiras seus respectivos grupos, subdivisões e seus elementos representativos. IIC, IIB e IIA é a ordem crescente de risco de ignição das substâncias do Grupo II.

Tabela 5.1 – Grupos para gases inflamáveis e poeiras combustíveis.

Grupo	Subdivisão de grupo	Elemento representativo	Exemplos
Grupo I	I	Metano	Metano (grisu)
Grupo II	IIA	Propano	Acetona, Ácido acético, Amônia, Benzeno, Butano, Etano, Gás natural, Gasolina, Metanol, Querosene
	IIB	Etileno	Eteno, Metil éter, Óxido de propileno, Óxido de eteno, Sulfeto de hidrogênio
	IIC	Hidrogênio e Acetileno	Diclorodietil-silano Dissulfeto de carbono
Grupo III	IIIA	Fibra combustível	Algodão, Amido de milho, Farinha de trigo, Fibra de cacau, Sisal
	IIIB	Poeira não condutiva	Celulose, Pó de arroz, Proteína de soja, Vitaminas B1 e C, Aspirina
	IIIC	Poeira condutiva	Enxofre, Magnésio moído, Resinas fenólicas

Fonte: ABNT NBR IEC 60079-0/2013.

Se um equipamento tem marcação IIB, ele é adequado para ser utilizado em locais com gases tanto do Grupo IIB como do Grupo IIA. Já, um equipamento com marcação IIA só deve ser utilizado exclusivamente em locais com gases do Grupo IIA.

### 5.2.2 Classe de Temperatura

Semelhante à divisão dos grupos de equipamentos, a temperatura é dividida em temperatura máxima de superfície de acordo com a faixa de serviço do equipamento.

Para os equipamentos do Grupo I, em local onde possa ocorrer a formação de uma camada de poeira de carvão, a temperatura máxima da superfície do equipamento deve ser 150 °C. Caso não ocorra a formação de poeira de carvão, a temperatura máxima não pode exceder 450 °C. A Tabela 5.2 apresenta as classes de temperatura para o Grupo II.

Tabela 5.2 – Classificação da temperatura máxima de superfície para equipamentos elétricos do Grupo II.

Classe de temperatura	Temperatura máxima de superfície do equipamento (°C)	Classe de temperatura do equipamento permitido para instalação
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 60079-0/2013.

Pode-se exemplificar a utilização dos equipamentos elétricos da seguinte forma: para uma área classificada como Zona 1 IIA T2, podem ser usados equipamentos certificados com marcação IIA, IIB ou IIC, com classe de temperatura T2, T3, T4, T5 ou T6. Agora, se um equipamento elétrico tem marcação T3 (200°C), ele não poderá ser usado em áreas classificadas com temperaturas menores que 200°C, ou seja, em áreas com T4, T5 ou T6.

Tabela 5.3 – Classes de temperatura a exemplo de substâncias.

Classe de temperatura	Temperatura máxima de superfície do equipamento (°C)	Temperatura de ignição (Tig) do gás ou vapor inflamável	Substâncias
T1	450	Tig > 450 °C	Acetona, ácido acético, amônia, benzeno, estireno, hidrogênio, metano, monóxido de carbono, gás natural, tolueno, etc.
T2	300	Tig > 300 °C	Acetileno, acetato de butil, álcool etílico, isopentano, etc.
T3	200	Tig > 200 °C	Cobre benzeno e derivados
T4	135	Tig > 135 °C	Acetaldeído, éter etílico e derivados.
T5	100	Tig > 100 °C	Algodão
T6	85	Tig > 85 °C	Dissulfeto de carbono, etil nitrito e derivados

Fonte: Adaptação do autor da ABNT NBR IEC 60079-0/2013.

### 5.2.3 Invólucro de proteção

O outro item de extrema importância na seleção de equipamentos é invólucro de proteção. A proteção de equipamentos, acessórios ou materiais elétricos se faz necessária para evitar ignições nas zonas onde os mesmos serão instalados. As medidas de proteção aplicadas nos equipamentos elétricos são baseadas nos seguintes princípios: de confinamento, a explosão fica retida dentro do invólucro; de segregação, a ignição é separada da atmosfera explosiva por encapsulamento, imersão ou pressurização; de prevenção, há o controle da fonte de ignição para evitar energia que cause explosão.

### 5.2.3.1 Invólucros de proteção a prova de explosão – Ex d

Tipo de proteção na qual as partes que podem causar a ignição de uma atmosfera explosiva são instaladas dentro de um invólucro que pode suportar a pressão desenvolvida durante a explosão interna de uma mistura explosiva e que evita a transmissão da explosão para a atmosfera explosiva ao redor do invólucro (ABNT NBR IEC 60079-14/2016).

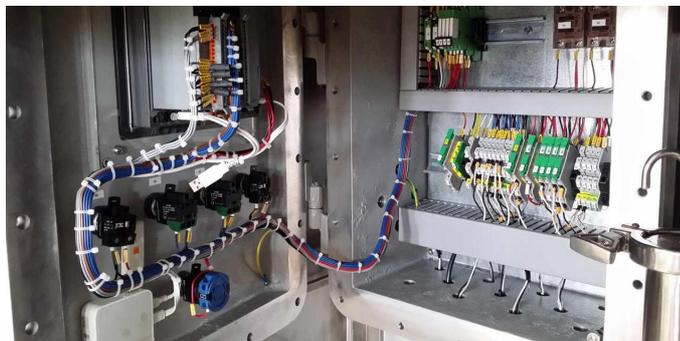
Este invólucro possui um interstício para que os gases quentes gerados na explosão possam ser resfriados. Alumínio ou ferro fundido, aço inox ou aço carbono são materiais utilizados na fabricação desse invólucro.

Painéis de controle ou comando, disjuntores, contadores, luminárias, tomadas, plugs, motores elétricos, transformadores e outros equipamentos utilizam invólucros Ex d.

Para serem conectados na entrada dos invólucros, condutores ou cabos elétricos devem ser envoltos por eletrodutos metálicos com unidades seladoras. Utiliza-se também prensa-cabo para a conexão de um único cabo.

A Figura 5.1 apresenta um painel de controle de dosagem para óleo e gás onde estão conectados dispositivos como, bombas, válvulas, transmissores, chaves, etc.

Figura 5.1 – Vista interna de painel de controle Ex d.



Fonte: Onti – Automação industrial e tecnologia.

Figura 5.2 – Luminária à prova de explosão.



Fonte: Tucano Brasil.

### 5.2.3.2 Invólucros de proteção com segurança aumentada – Ex e

Tipo de proteção aplicada aos equipamentos elétricos nos quais medidas adicionais são aplicadas, de forma a oferecer um aumento de segurança contra a possibilidade de temperaturas excessivas e de ocorrência de arcos ou centelhas em regime normal ou sob condições especificadas (ABNT NBR IEC 60079-14/2016).

Esta técnica é aplicada em caixas de passagem, terminais de ligação, motores de indução, solenóides, luminárias e outros equipamentos em conjunto com outros tipos de proteção, instalados nas zonas 1 e 2. Neste tipo de proteção os condutores ou cabos elétricos não necessitam ser envoltos por eletrodutos metálicos, necessitando apenas de serem conectados na entrada do equipamento através de prensa-cabos.

A Figura 5.3 apresenta um painel com marcação Ex de IIC T6 - EPL Gb: tipos de proteção segurança aumentada e à prova de explosão - Distribuição de circuitos de força em Terminal Petroquímico. À esquerda, invólucros metálicos Ex "d" com tampa roscada e entrada indireta por meio de caixa de terminais Ex "e" externa à caixa Ex "d". À direita, caixas modulares com invólucro plástico do tipo segurança aumentada, com componentes internos com marcação individual "U" com componentes elétricos encapsulados em resina, formando invólucro Ex "d". Entrada de cabos por meio de prensa-cabos metálicos do tipo segurança aumentada.

Figura 5.3 – Distribuição de circuitos de força em terminal petroquímico.



Fonte: COBEL.

Figura 5.4 – Módulo eletrônico com proteções Ex m e Ex e.



Fonte: SENSE – Sensores & Instrumentes.

### 5.2.3.3 Invólucros de proteção pressurizado – Ex p

Técnica de prevenção contra o ingresso de atmosfera externa no interior de um invólucro, através da manutenção de um gás de proteção interno, a uma pressão acima da atmosfera externa (ABNT NBR IEC 60079-14/2016).

Se ocorrer um vazamento de uma substância inflamável ao redor do equipamento, esta substância será impedida de entrar em contato com a parte interna do equipamento elétrico que causa ignição, devido a pressão interna no invólucro. Geralmente utiliza-se como gás de proteção, o ar, o nitrogênio ( $N_2$ ) ou um gás da família dos gases nobres, pois estes não participam nas reações para obtenção de energia. Dispositivos auxiliares controlam a pressão interna no invólucro e a renovação do gás de proteção.

Esse tipo de invólucro é aplicado em sistemas de alarmes, painéis elétricos, painéis de instrumentação e em salas de controle localizadas próximas das atmosferas explosivas. A Figura 5.5 apresenta um painel com tipo de proteção por invólucro pressurizado.

Figura 5.5 – Instalação em área classificada por gases inflamáveis, de painéis locais de controle de instrumentação com tipo de proteção por invólucros pressurizados.



Fonte: COBEL.

#### ***5.2.3.4 Invólucros de proteção imerso em óleo – Ex o***

Tipo de proteção na qual o equipamento ou partes elétricas são imersas em um líquido de proteção de tal forma que uma atmosfera explosiva que possa estar acima do líquido ou do lado externo do invólucro não possa causar ignição (ABNT NBR IEC 60079-14/2016).

Utiliza-se como líquido de proteção óleo isolante, podendo ser óleo de origem mineral, evitando centelhas, arcos ou altas temperaturas em transformadores e disjuntores.

#### ***5.2.3.5 Invólucros de proteção enchimento de areia – Ex q***

Tipo de proteção no qual as partes capazes de causar a ignição de uma atmosfera explosiva são fixadas em posições e complementemente circundadas por um material de enchimento para evitar a ignição de uma atmosfera explosiva externa (ABNT NBR IEC 60079-14/2016).

Este material de enchimento pode ser areia, pó de quartzo ou outro material conforme exigências específicas. As partes vivas do equipamento ficam envolvidas por essa massa de material e se ocorrer um arco elétrico dentro da caixa, a presença desse material impede que a chama produzida e o aquecimento das paredes do invólucro se tornem uma fonte de ignição na atmosfera explosiva. Este tipo de invólucro é usado para proteger equipamentos com tensão nominal menor que 6,6 kV, equipamentos eletrônicos, capacitores, transformadores e também cabos que percorrem pisos e caixas de passagem em locais de zonas 1 e zonas 2.

A Figura 5.6 apresenta um exemplo de instalação de caixas de areia para proteção dos pontos de entradas de multicabos de circuitos de instrumentação, automação, eletricidade e telecomunicações para o interior de uma Casa de Controle Local, instalada em área classificada. O interior da Casa de Controle Local é mantido pressurizado, sendo considerado ambiente seguro, com área não classificada.

Figura 5.6 – Instalação de caixas de areia para entrada de cabos para o interior de uma casa de controle.



Fonte: COBEL.

#### ***5.2.3.6 Invólucros de proteção encapsulado – Ex m***

Tipo de proteção onde partes que sejam capazes de causar a ignição de uma atmosfera explosiva, seja por centelhamento ou por aquecimento, são encapsuladas em um composto de tal forma que a atmosfera explosiva não possa causar ignição sob condições de operação ou de instalação (ABNT NBR IEC 60079-14/2016).

Este invólucro é preenchido com resina tipo epoxy termoplástica ou outro tipo de resina conforme a aplicação. Equipamentos aplicados: componentes elétricos, como resistor, capacitor, indutor e transistor, reed relé (reed switch), botoeiras, painéis com circuitos eletrônicos, sensores de proximidade e obrigatório nas barreiras zener. Utilização em locais de Zonas 1 e Zona 2. Geralmente quando o equipamento apresenta defeito, deverá ser substituído, pois a recuperação não é possível devido ao circuito está envolto de resina.

### 5.2.3.7 Invólucros de proteção segurança intrínseca – Ex i

Tipo de proteção baseada na restrição de energia elétrica envolvendo equipamentos e fiação de interconexão expostos a uma atmosfera explosiva, a um nível abaixo daquele capaz de causar ignição, tanto de centelhas como por efeitos de aquecimento (ABNT NBR IEC 60079-14/2016).

Nesta proteção os circuitos ou parte deles não provocam centelha ou aquecimento em condições específicas de ensaio prescritas em norma, incluindo também operações normais e condições de falhas. São aplicadas em sistemas com baixa potência, em particular, sistemas de comunicações e instrumentação, tais como, transmissores eletrônicos de corrente, atuadores trabalhando na base de princípios ópticos e acústicos, conversores eletropneumáticos, chaves fim de curso, sinaleiros luminosos, etc.

Existem dois tipos de categorias para os equipamentos Ex i. O código Ex ia é apropriado para equipamentos em Zona 0 e o código Ex ib é apropriado para equipamentos em Zona 1 e 2.

A Figura 5.5 apresenta uma chave fim de curso em cruz utilizada para controlar o movimento de pontes rolantes, talhas e máquinas industriais que trabalham em locais onde há potenciais riscos de explosão.

Figura 5.7 – Fim de curso de posição ACR Limitex AP para atmosfera explosiva.



Fonte: Mecalux Logismarket.

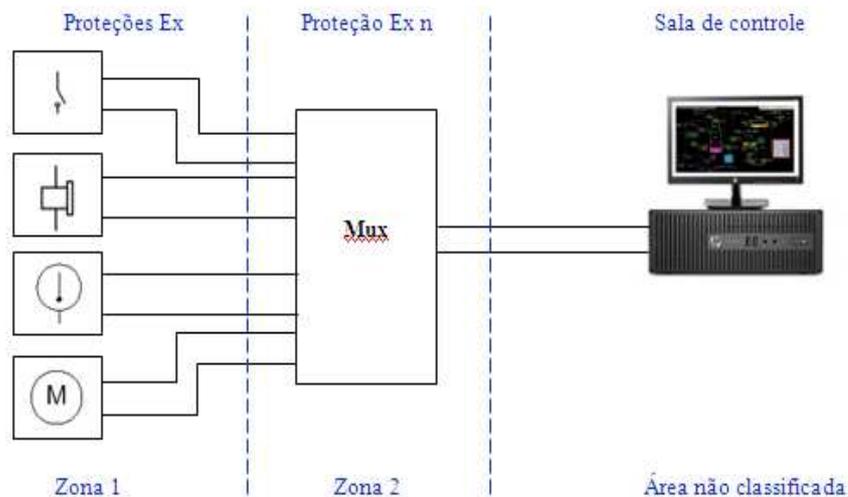
### 5.2.3.8 Invólucros de proteção não acendível – Ex n

Tipo de proteção aplicada a equipamentos elétricos que, em operação normal ou em certas condições anormais especificadas, não sejam capazes de causar ignição de uma atmosfera explosiva ambiente. (ABNT NBR IEC 60079-14/2016).

Utilizada somente na Zona 2 porque é baixa a probabilidade de formação de atmosfera explosiva. Uma lâmpada queimada é um exemplo de uma condição anormal especificada. Um exemplo de equipamentos não acendíveis (centelhantes) são os sistemas Multiplex (Mux) instalados na Zona 2, que manipulam sinais dos equipamentos instalados nas Zonas 1 e os transmite para a sala de controle.

A Figura 5.6 ilustra um exemplo com utilização de invólucro de proteção não acendível Ex n.

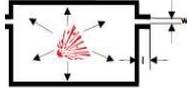
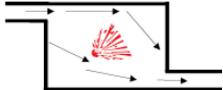
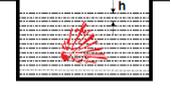
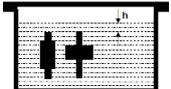
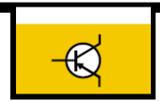
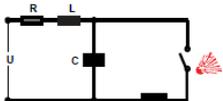
Figura 5.8 – Utilização de invólucro de proteção Ex n.



Fonte: Autor.

A Tabela 5.4 apresenta o resumo dos invólucros de proteção com suas representações e aplicação em zonas e equipamentos.

Tabela 5.4 – Tipos de proteção Ex e aplicação em zonas.

Invólucro de proteção	Termo	Representação	Zonas de aplicação	Equipamentos aplicados
À prova de explosão	Ex d		1 e 2	Painéis de controle/comando, disjuntores, contadores, luminárias, tomadas, plugs, motores elétricos, transformadores, etc.
Segurança aumentada	Ex e		1 e 2	Em conjunto com outras proteções e equipamentos.
Pressurizados	Ex p		1 e 2	Sistemas de alarmes, painéis elétricos, painéis de instrumentação, salas de controle, etc.
Imerso em óleo	Ex o		1 e 2	Disjuntores e transformadores
Enchimento de areia	Ex q		1 e 2	Equipamentos eletrônicos, capacitores, transformadores, cabos que percorrem pisos, caixas de passagem, etc.
Encapsulado	Ex m		1 e 2	Resistores, indutores, capacitores, transistores, reed relé, botoeiras, painéis com circuitos eletrônicos, sensores de proximidade, etc.
Segurança intrínseca	Ex i		0, 1 e 2	Sistemas com baixa potência como sistemas de comunicações e instrumentação, conversores eletropneumáticos, chaves fim de curso, sinaleiros luminosos, etc.
Não acendível	Ex n		2	Sistemas de comunicação, como Multiplex, etc.

Fonte: Adaptação ABNT NBR IEC 60079-14/2016 . Imagens: Fascículo Atmosfera Explosiva – O Setor Elétrico

### 5.3 Nível de proteção de equipamento - EPL

A finalidade do nível de proteção é indicar se o equipamento tem proteção moderada, alta ou muito alta conforme sua probabilidade de ser uma fonte de ignição, em minas com presença do grisú, na presença de gás inflamável ou na presença de poeira combustível. A ABNT NBR IEC 60079-14/2016 informa que o nível de proteção do equipamento pode opcionalmente ser empregado como parte de uma avaliação de risco completa de uma instalação.

A nomenclatura de representação do EPL nos equipamentos elétricos é composta por duas letras, com a primeira letra em maiúsculo para informar o local de instalação e a segunda letra em minúsculo para informar a proteção proporcionada. A Tabela 5.5 apresenta como é formada a nomenclatura EPL.

Tabela 5.5 – Nomenclatura EPL.

Nível de Proteção de Equipamento - EPL				
Local de instalação		Nível de proteção proporcionado		Nomenclatura
M	Minas de carvão (Mines)	a	Muito alto	Ma, Mb, Ga, Gb, Gc, Da, Db e Dc
G	Gás inflamável (Gas)	b	Alto	
D	Poeiras combustíveis (Dust)	c	Moderado	

Fonte: ABNT NBR IEC 60079-14/2016.

A Tabela 5.6 apresenta a relação entre níveis de proteção de equipamento e as zonas de áreas classificadas.

Tabela 5.6 – Relação EPL e zonas.

Zona	EPL	Grupos
-	Ma e Mb	I - Minas
0	Ga	II - Gases inflamáveis
1	Ga ou Gb	
2	Ga, Gb ou Gc	
20	Da	III - Poeiras combustíveis
21	Da ou Db	
22	Da, Db ou Dc	

Fonte: ABNT NBR IEC 60079-14/2016.

## 5.4 Marcação do equipamento de gás

Todos os equipamentos para serem selecionados e instalados devem estar de acordo com o Regulamento de Avaliação de Conformidade – RAC, conforme a portaria 83 de 03 de abril de 2006 do INMETRO. O Art. 2º da portaria dispõe:

Fica mantida a obrigatoriedade da identificação da certificação no âmbito do Sistema Brasileiro de Avaliação da Conformidade - SBAC, iniciada em janeiro de 1995, para todos os equipamentos elétricos, eletrônicos, associados, acessórios e componentes, a serem utilizados em atmosferas potencialmente explosivas, nas condições de gases e vapores inflamáveis, comercializados e utilizados no Brasil, salvo as exceções previstas no Regulamento de Avaliação da Conformidade de Equipamentos Elétricos para Atmosferas Potencialmente Explosivas, nas condições de gases e vapores inflamáveis, incluindo o filtro prensa para óleo diesel e os instrumentos destinados a medir continuamente os volumes de combustíveis líquidos.

O certificado de conformidade é um documento importante para a segurança da instalação, pois oficializa que o equipamento está de acordo com as normas técnicas. A sigla OCP significa Organismo de Certificação de Produto Credenciado, é o organismo que concede a certificação baseada em normas (nacionais ou internacionais) ou em regulamentos técnicos. A marcação do equipamento Ex, ou seja, a placa com informações do equipamento segue as disposições do RAC.

Conforme a ABNT NBR IEC 60079-0/2013, para atmosfera explosiva a marcação Ex deve ter:

- a) O nome do fabricante ou marca registrada;
- b) O tipo de identificação do fabricante;
- c) O número de série ou número do lote;
- d) O nome ou a marca do emissor do certificado;
- e) Se for necessário indicar condições específicas de utilização, o símbolo “X” deve ser colocado após a referência do certificado;
- f) A marcação Ex para atmosferas explosivas de gás e atmosferas explosivas de poeiras deve ser separada e não combinada;
- g) Quaisquer marcações adicionais prescritas nas normas específicas para tipos de proteção relacionados.

Para atmosfera explosiva a gás a marcação Ex deve incluir:

- a) O símbolo Ex;
- b) O símbolo do tipo do invólucro de proteção;
- c) O símbolo do grupo de equipamento I, IIA, IIB ou IIC;
- d) Para equipamento elétrico do grupo II, o símbolo da classe de temperatura e/ou a temperatura máxima de superfície em °C;
- e) O nível de proteção EPL do equipamento, Ga, Gb, Gc, Ma ou Mb, conforme apropriado;
- f) Quando for apropriado, a marcação deve incluir o símbolo Ta ou Tamb para a faixa de temperatura ambiente ou o símbolo “X”.

A Tabela 5.7 apresenta as informações necessárias de marcação para atmosfera explosiva a gás.

Tabela 5.7 – Marcação de equipamento Ex a gás e vapor.

Informações							
Fabricante	No. do certificado	Emissor do certificado	Simbologia Ex	Invólucro de proteção	Grupo de equipamento	Classe de temperatura	Nível EPL

Fonte: ABNT NBR IEC 60079-0/2013.

A Figura 5 apresenta uma placa de uma luminária com marcação Ex. Nela observa-se o nome do fabricante Nutsteel, o número do certificado 2000EC02P051, o a marca do emissor do certificado Inmetro, BR indicando o país de origem Brasil, Ex, d invólucro de proteção à prova de explosão, IIB grupo II com subdivisão B para gás inflamável e T4 a classe de temperatura 135 °C como a máxima temperatura da superfície da luminária e logo abaixo a conformidade do equipamento de acordo com NBR/IEC.

Figura 5.9 – Placa com marcação Ex.



Fonte: Bravema.

## 5.5 Componente e acessórios das instalações elétricas

A seleção e instalação dos condutores devem seguir rigorosamente o projeto elétrico conforme suas capacidades de conduções de correntes, correntes de curto-circuito, quedas de tensões e todas as premissas dos condutores como tipo do condutor, isolamento e método de instalação de acordo com as recomendações e critérios das normas NBR 5410/2008 e NBR 14039/2005 além das normas das concessionárias locais de energia.

Além dessas normas citadas, como o ambiente é especial, sendo uma área classificada, cuidados adicionais são necessários seguindo as recomendações das normas ABNT NBR IEC. A seguir seguem informações das instalações elétricas através das normas ABNT NBR IEC 60079-0/2013 e ABNT NBR IEC 60079-14/2016.

### 5.5.1 Plugues e tomadas

A seleção para plugues e tomadas segue às especificações da classificação da área com maior atenção para a classe de temperatura. Os tipos de invólucros mais utilizados são os Ex d e os Ex e, pois extinguem os arcos elétricos.

Figura 5.10 – Tomadas e plugues para uso em áreas classificadas.



Fonte: Lumerfix Suprimentos Industriais.

Em áreas classificadas a conexão ou a desconexão dos plugues nas tomadas só poderão ser realizadas se a tomada estiver desenergizada em ambas as situações. Assim é necessário que os plugues e tomadas possuam um sistema de intravamento, podendo ser elétrico ou mecânico. O sistema de intertravamento não é obrigatório para plugues e tomadas com correntes abaixo de 10 A e tensões nominais menores que 250 V (em corrente alternada)

ou 60 V (em corrente contínua), mas nestes casos devem possuir um sistema de extinção de arcos.

### 5.5.2 Condutores

Conforme a ABNT NBR IEC 60079-14/2016, o cobre é o condutor que predomina nas instalações em áreas classificadas, mas quando for necessário usar condutor de alumínio, o mesmo deverá ter uma seção mínima de 16 mm<sup>2</sup> e utilizar conexões adequadas para assegurar a isolação elétrica entre os condutores. Ações devem ser tomadas para evitar a corrosão eletrolítica (fina película de óxido de alumínio – Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) nos condutores e conexões.

A norma relata também que os cabos usados para fiações fixas são selecionados conforme as condições ambientes em serviço e devem ser encapados com material termoplástico, termofixo ou elastomérico (borracha à base de resina acrílica) e ter isolação mineral com blindagem metálica.

Os cabos flexíveis em áreas classificadas podem ser especificados como:

- cabos flexíveis com cobertura de borracha comum;
- cabos flexíveis com cobertura de policloroprene comum;
- cabos flexíveis com cobertura de borracha reforçada;
- cabos flexíveis com cobertura de policloroprene reforçada;
- cabos com isolamento plástico com construção igualmente robusta, tais como os cabos com cobertura de borracha reforçada;

Não é permitido usar cabos unipolares sem cobertura como condutores energizados, a não ser que eles sejam instalados dentro de invólucros, painéis ou eletrodutos.

A norma NBR IEC 60079-14/2016 recomenda também que não sejam instalados condutores não isolados ou parcialmente isolados acima das áreas classificadas. Em linhas aéreas com condutores não isolados de sistemas de telecomunicações entre equipamentos, as terminações desses condutores devem ser em área não classificadas e dentro das áreas classificadas esses condutores devem ficar dentro de eletrodutos ou serem substituídos por cabos. Condutores não isolados incluem itens como condutores parcialmente isolados para sistemas de trilhos para guindastes e sistemas de baixa e extra-baixa tensão.

Medidas de proteção devem adotadas para que os cabos não sofram flexões, danos

mecânicos ou vibracionais e também não fiquem expostos a umidade, calor excessivo ou substâncias químicas.

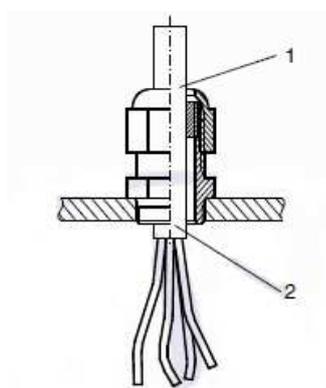
Os condutores e cabos selecionados para instalação devem ser fabricados com materiais que evitem a propagação de chamas. Serão dispensados dessas características anti-propagação os condutores ou cabos que forem instalados enterrados diretamente no solo, instalados em dutos imersos em areia ou que sejam protegidos de outra forma contra a propagação.

Assim como os equipamentos elétricos são selecionados de acordo com a classe de temperatura requerida pela classificação de área (Tabela 4 da NBR IEC 60079-14/2016), a temperatura de superfície dos cabos não deve exceder a classe de temperatura para a instalação.

Prensa-cabos metálicos, não metálicos, roscados ou não roscados devem ser utilizados na conexão dos cabos com os equipamentos. Devem ser selecionados de acordo com método de instalação, prensa-cabos com características específicas ao tipo de proteção do equipamento elétrico, ou seja, o diâmetro do prensa-cabo deve ser adequado ao tipo e ao diâmetro do cabo utilizado conforme o anel de vedação e do invólucro.

Conforme o anexo A da ABNT NBR IEC 60079-14/2016, os prensa-cabos devem proporcionar a fixação do cabo, para evitar que o tracionamento ou torção ao cabo seja transmitido às conexões. Tal fixação pode ser proporcionada por um dispositivo de fixação, pelo anel de vedação ou composto de enchimento.

Figura 5.11 – Prensa-cabos.



Legenda

1: ponto de entrada

(onde a selagem ocorre, se requerida)

2: ponto de derivação

Fonte: ABNT NBR IEC 60079-0/2013.

Esse método de instalação utilizando prensa-cabos nas entradas dos invólucros é bem flexível e econômico, pois permite que condutores e cabos sejam instalados de forma

rápida em bandeja, perfilados ou eletrocalhas. A desvantagem fica por conta da exposição dos condutores e cabos que não devem ser utilizados em locais sujeitos a danos mecânicos ou agentes químicos.

### 5.5.3 Eletrodutos

Conforme a ABNT NBR IEC 60079-14/2016, os eletrodutos utilizados em áreas classificadas são dos tipos metálicos flexíveis em tubos safonados de cobre ou de aço carbono, ferro nodular de alta resistência e tipos rígidos em alumínio. Os eletrodutos flexíveis devem ser blindados à prova de explosão, externamente revestidos com um trançado de fios em liga de cobre e internamente ter uma capa isolante com um trançado em fios de fibra sintética que tem a função de evitar arcos elétricos.

A conexão do eletroduto com outros dispositivos será realizada através de unidades seladoras para impedir que gases ou líquidos, presentes no seu interior, sejam liberados nos limites de uma área classificada com uma área não classificada. A unidade seladora impede também que a propagação de uma explosão num invólucro à prova de explosão possa se propagar através do eletroduto. A massa ou fibra seladora utilizada para selagem de unidades seladoras não pode quebrar após sua cura.

Figura 5.12 – Unidades seladoras.



Fonte: Central Ex.

Todas as conexões roscadas utilizadas nos eletrodutos devem ser mantidas adequadamente apertadas para maior segurança. Em áreas classificadas com atmosferas corrosivas, os eletrodutos utilizados devem ser resistentes à corrosão, com cuidados também evitar a corrosão galvânica. Em longos trechos de eletrodutos, estes devem ter isolamento

resistente a água e, além disso, devem ser instalados dispositivos que possibilitem a drenagem da condensação.

A ABNT NBR IEC 60079-14/2016 recomenda que cabos singelos ou multicabos sem cobertura podem ser utilizados no interior de eletrodutos. Entretanto, quando o eletroduto contém três ou mais cabos, a área da seção transversal total dos cabos, incluindo os seus isolamentos, não pode ultrapassar 40 % da área da seção transversal do eletroduto.

Figura 5.13 – Eletroduto metálico flexível para atmosferas explosivas.



Fonte: Haenke.

Figura 5.14 – Eletroduto metálico flexível com condutores.



Fonte: NEI.

#### 5.5.4 Subestações

Ribeiro (2004) recomenda a instalação da subestação em área não classificada, mas em plantas macros como as refinarias de petróleo a subestação necessita ser instalada próxima das unidades de processo. Na área classificada o custo da instalação é mais elevado porque os equipamentos devem ser a prova de explosão e conseqüentemente tornam-se mais robustos necessitando de mais espaço para instalação.

Como o objetivo de tornar o local seguro, reduzir os custos, utilizar equipamentos de uso geral e facilitar o manuseio e a manutenção de componentes e equipamentos, é adotada a técnica de proteção chamada pressurização (Ribeiro, 2004). Essa técnica consiste em insuflar ar limpo no interior da subestação para obter uma pressão interna maior que a pressão do ambiente externo e assim, impedir que gases ou vapores inflamáveis entrem na subestação e causem explosão em contato com equipamentos externos.

Para o projetista, a pressão, a temperatura e umidade internas são os dados essenciais para os cálculos do sistema de pressurização. Já para o local de instalação do duto de captação de ar devem ser considerados o mapa de classificação de áreas, a direção do vento e as eventuais fontes de liberação de gases ou vapores inflamáveis. Para manter o local seguro devem-se especificar duas unidades de pressurização, sendo que a segunda unidade funcionará como reserva em caso de falha da primeira. Outra técnica que pode substituir a pressurização é a técnica de ventilação forçada na subestação.

## CAPÍTULO 6

### ESTUDO DE CASO EM UMA UNIDADE DE FABRICAÇÃO DE HERBICIDA

#### 6.1 Introdução

Neste capítulo é apresentada de forma geral a avaliação dos equipamentos elétricos que se localizam dentro do perímetro considerado pela norma como explosivo, numa unidade de fabricação de defensivos agrícolas. Em forma mais específica é contemplada a classificação de área nesse perímetro e a determinado o nível de proteção dos equipamentos. Vale ressaltar que para classificar as áreas, nem todos os dados estiveram disponíveis, como velocidade do vento, planta baixa, etc. Mesmo com a indisponibilidade de algumas informações, a relevância dessa classificação não ficou comprometida, pois fora realizada conforme as recomendações normas ABNT NBR IEC 60079.

#### 6.2 Visão geral

##### 6.2.1 Defensivo agrícola

A lei federal 7.802/1989 art. 2º inciso I alínea define agrotóxicos e afins como segue:

[...]

Os produtos e os agentes de processos físicos, químicos ou biológicos, destinados ao uso nos setores de produção, no armazenamento e beneficiamento de produtos agrícolas, nas pastagens, na proteção de florestas, nativas ou implantadas, e de outros ecossistemas e também de ambientes urbanos, hídricos e industriais, cuja finalidade seja alterar a composição da flora ou da fauna, a fim de preservá-las da ação danosa de seres vivos considerados nocivos;

[...]

Simplificando, os agrotóxicos ou defensivos agrícolas têm a função de controlar ou eliminar pragas (insetos, ácaros, nematóides e doenças causadas por fungos, bactérias e vírus), com a finalidade de produzir alimentos em quantidade suficiente para suprir a demanda da população e evitar perdas de alimentos nas plantações.

Entre os defensivos agrícolas são encontrados produtos que controlam plantas espontâneas (herbicidas), insetos (inseticidas), fungos (fungicidas), bactérias (bactericidas), ácaros (acaricidas) e ratos (rodenticidas). Também são considerados defensivos agrícolas os reguladores de crescimento, que aceleram o amadurecimento e floração de plantas (NUNES, 2017).

### 6.2.2 Monoisopropanolamina

A Monoisopropanolamina (MIPA) é um produto químico básico usado em muitas aplicações que servem como um emulsionante (facilita a mistura de duas outras substâncias), um estabilizador, que torna os ambientes quimicamente básicos. Na aplicação específica dos produtos envolvidos neste trabalho ela funciona causando uma reação química, transformando ácido em sal, liberando calor e vapores específicos. É um líquido incolor com um odor semelhante à amônia, extremamente sufocante e que em contato com o oxigênio, conforme a quantidade pode tornar a atmosfera explosiva.

Tabela 6.1 – Características básicas da MIPA.

Formula molecular	C <sub>3</sub> H <sub>9</sub> N
Peso Molecular	35.09 g/mol
Temperatura de Autoignição	355°C
Ponto de ebulição (1 atm)	47,78 °C
Ponto de fulgor	- 26 °C
Densidade 20 ° C	0,78 g/cm <sup>3</sup>
Densidade do vapor (ar =1)	2,03
Viscosidade 25 ° C	23 cP
Pressão de vapor a 20 ° C	kPa 0,071
Calor específico 20 ° C	cal / g- ° C 0,78
Condutividade térmica 20 ° C	cal / cm-sec ° C 0,004352
Condutividade elétrica 25 ° C	
Calor de vaporização 1 atm	kcal / kg (BTU / lb) 151,8 (273)
Calor de combustão 25 ° C	kcal / kg (BTU / lb) 6821,2 (12.270)

Fonte: Ficha de dados da MIPA – EASTMAN.

Disponível em: < <https://www.eastman.com/Products/Pages/ProductHome.aspx?Product=71103697> >

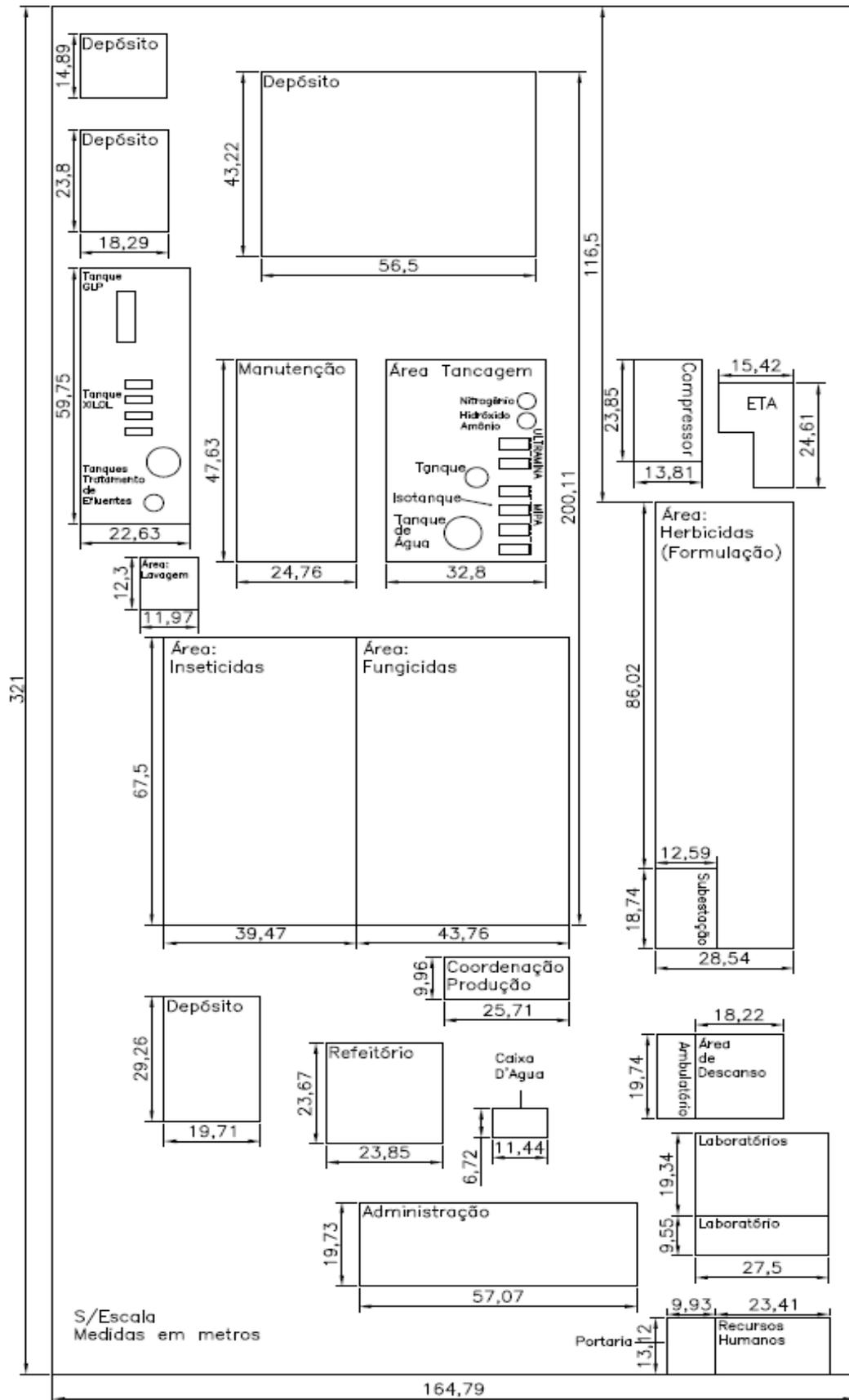
A MIPA é uma substância perigosa ao meio ambiente, é corrosivo ao ferro comum e ao ferro galvanizado. Seus efeitos são prejudiciais a saúde humana, destacando que altamente sufocante e se inalado causa desmaio em poucos minutos, além de apresentar potencial corrosivo para a pele e mucosas. A sua decomposição produz monóxido de carbono, óxido de fósforo e óxido de nitrogênio.

Todos os procedimentos operacionais para a fabricação do herbicida nas fases de descarregamento e formulação, seguem a rigorosas etapas descritas nas ITs (Instruções de Trabalhos) sobre todos os equipamentos de segurança, procedimentos de segurança individuais e coletivos, inspeções de cenários, inspeções de equipamentos e ainda a descrição de todas as etapas sequenciadas e extremamente bem definidas, bem como as medidas de ação em casos de emergências.

### **6.2.3 Unidade de fabricação**

A planta produtiva destina-se a produção de defensivo agrícola da categoria herbicida, responsável por combater as ervas prejudiciais às culturas agropecuárias em geral. Este processo compreende três etapas: o descarregamento, a formulação e o envasamento do produto final. As etapas de interesse deste trabalho serão as duas primeiras, pois nesses locais existe a presença da matéria prima perigosa e inflamável, que exige cuidados especiais com os equipamentos e instalações elétricas do ponto de vista de suas adequações com as normas técnicas. A figura 6.1 apresenta o layout da unidade, que engloba todos os setores da empresa.

Figura 6.1 – Layout da unidade de fabricação.



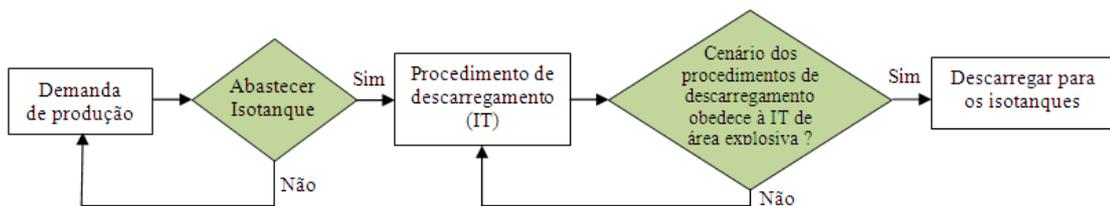
Fonte: Autor.

## 6.2.4 Descarregamento e armazenamento

### 6.2.4.1 Etapa de descarregamento e armazenamento

A área de descarregamento onde ocorre esta operação está identificada no layout com o nome de área de tancagem e possui 8 tanques (7.000 litros cada um) de armazenamento. Esta etapa consiste na transferência do MIPA (de fácil vaporização devida seu baixo ponto de fulgor), contido nos caminhões para dentro dos tanques, denominados isotanques, por meio de tubulações de aço e mangueiras. Os isotanques são homologados pela empresa de certificação Bureau Veritas.

Figura 6.2 – Fluxograma do descarregamento e armazenamento.



Fonte: Autor

Este momento de transferência do produto altamente inflamável é o mais crítico, pois pode gerar condições mais favoráveis a erros e ocasionar vazamentos de produtos e posteriores incêndios requerendo assim, a proteção adequada para todas as instalações elétricas e componentes elétricos envolvidos na área da operação. A própria operação como um todo, mesmo não havendo sinistros de vazamentos, já produz gás explosivo nas etapas de conexão e desconexão de mangueiras, que por mais purgadas com nitrogênio que sejam sempre liberam vapor.

Figura 6.3 – Diagrama do descarregamento e armazenamento.



Fonte: Autor

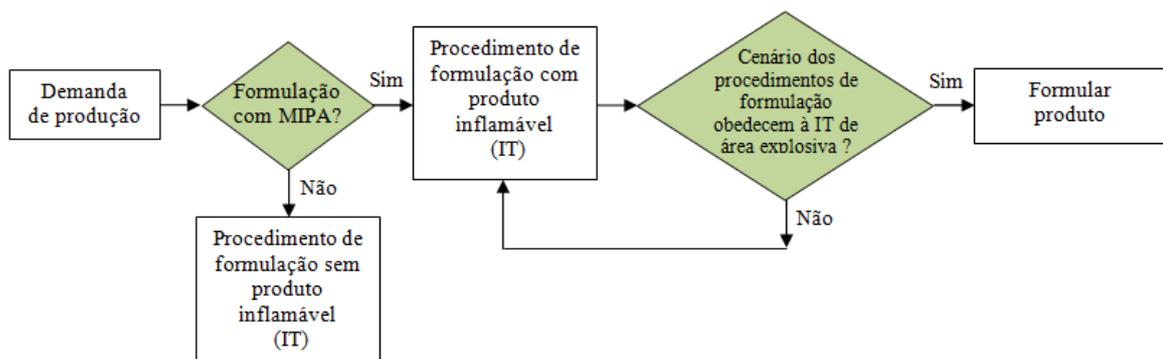
Todo o procedimento é rigoroso e muito bem cadenciado em etapas, com uso de equipamentos de proteção individual e coletivo de altíssima qualidade e com vistoria de conservação dos mesmos. Os operadores são especializados tanto na operação quanto no socorro a sinistros. Além disso, existe na unidade a presença constante da equipe de brigada de incêndio de plantão, coordenada pelo setor de Segurança do Trabalho.

Este então é o primeiro momento em que a atmosfera explosiva é formada dentro do processo, apresentando então um dos momentos ápicos deste trabalho.

#### 6.2.4.2 Etapa de formulação

A área de formulação está identificada no layout com o nome de área de formulação e compreende o reator de formulação onde acontece o processo de reação química. Esta etapa consiste na transferência do líquido inflamável do isotanque para o reator de formulação. Este reator de aço inox possui refrigeração por meio de água, pois no processo ocorre liberação calor. Esta reação de liberação de calor denomina-se aaminação, que é a mistura do líquido inflamável com o ácido granulado gerando uma reação química exotérmica.

Figura 6.4 – Fluxograma da formulação.

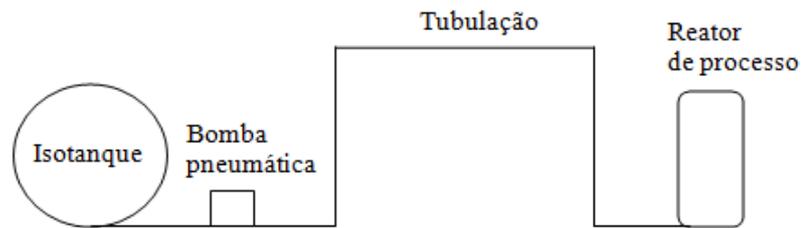


Fonte: Autor.

O líquido inflamável é bombeado do isotanque pela bomba pneumática e injetado no reator para ser misturado com a solução aquosa e minimizar ao máximo a evaporação de líquido inflamável para a atmosfera. Quando o líquido inflamável é injetado, é misturada com o ácido glifosato granulado e começa a reagir transformando a solução em um determinado

tipo de sal. Essa injeção dentro do reator é de forma lenta e controlada por computador, porém sempre haverá evaporação de parte da MIPA para o topo do reator, oriunda da superfície da solução, pois não reagiu completamente com o ácido. Nesse escape para acima da solução (herbicida formado) é que temos o segundo momento em que a atmosfera explosiva é formada dentro do processo, apresentando então outro momento ápice deste trabalho.

Figura 6.5 – Diagrama da formulação.



Fonte: Autor.

### 6.3 Operação

Seguem a seguir os procedimentos das etapas do processo de forma mais detalhada exibindo imagens *in locu*, pontos de cortes e equipamentos elétricos envolvidos.

#### 6.3.1 Operação de descarregamento e armazenamento

Nesta operação temos a ocasião da primeira situação de atmosfera explosiva presente conforme a Figura 6.6. Todo o perímetro é isolado e sinalizado e, somente os funcionários especializados e autorizados iniciam os procedimentos. É feito o acoplamento da mangueira de descarregamento MDE da bomba pneumática com o caminhão tanque, e depois o acoplamento da mangueira MVC do caminhão ao VENT do isotanque. Até esse momento, não se tem a presença de gases provindos de válvulas, pois nenhum equipamento é ligado até a verificação dos acoplamentos conforme It.

Figura 6.6 – Descarregamento.



Fonte: Autor.

Os equipamentos são acionados e tem-se o tempo do descarregamento de aproximadamente 50 min. Durante todo este período os equipamentos serão exigidos em termos de proteção, por meio de suas blindagens, para evitar as explosões em caso de algum vazamento. Nesta etapa a bomba trabalha com velocidade considerável, pois o volume deslocado do líquido é grande, o que não acontecerá na etapa de transferência na formulação, onde a velocidade será baixa e somente pequenas frações da MIPA serão usadas no período.

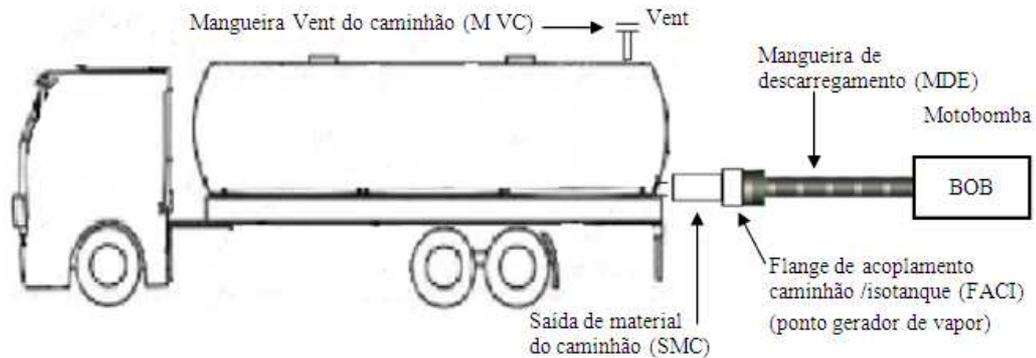
Ao término do descarregamento, é o momento mais crítico, que dá razão a este trabalho que é o desacoplamento das mangueiras. Neste passo, inevitavelmente haverá sempre vazamento do restante de material de dentro das extremidades das mangueiras, formando uma atmosfera explosiva no local, o que de acordo com a norma NBR 60079-10-1 em seu item 5.2 (fonte de risco), considera a abertura de partes de sistemas de processo fechados (por exemplo, durante a substituição de filtros ou enchimento em processos por batelada) necessita também ser considerada como fontes de risco. Essa situação é que justifica que o local seja classificado.

A Figura 6.7 apresenta o corte CC do caminhão tanque de descarregamento em sua posição de operação. A Figura 6.9 apresenta o corte ISO do isotanque com as representações de suas entradas/saídas com o meio e as dimensões do isotanque.

No corte CC observam-se claramente os dois acoplamentos para comunicação entre o tanque do caminhão e o isotanque. A primeira é a saída de material caminhão tanque, SMC, que será conectada com a motobomba BOB e posteriormente para bombeamento para o

tanque de armazenamento. A segunda é a entrada Vent, com a mesma função da saída flange Vent do isotanque (figura 6.9), onde na verdade, as duas são ligadas entre si no processo.

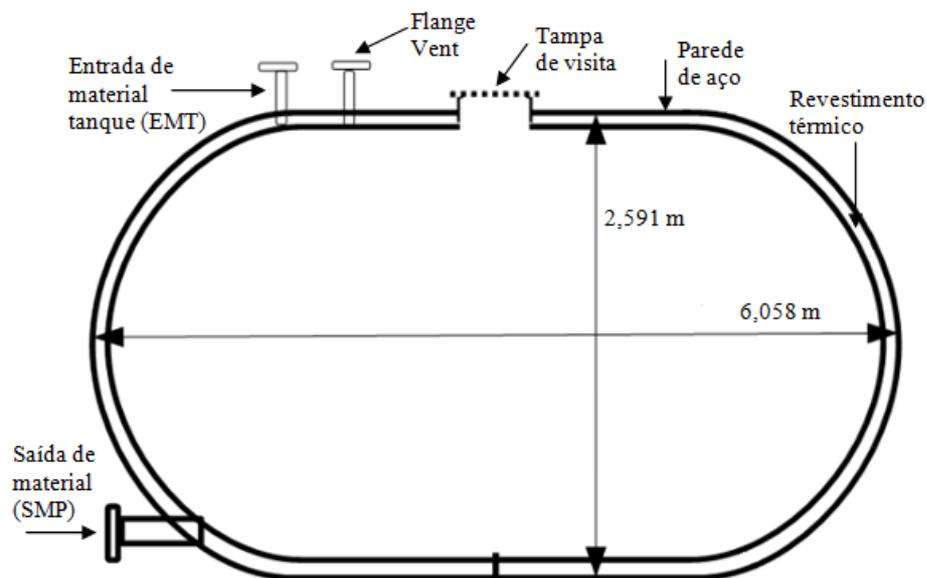
Figura 6.7 – Corte CC do caminhão tanque.



Fonte: Autor.

A entrada de material se dá pela parte superior do isotanque pelo flange EMT. Esse flange se conecta a saída de material do caminhão tanque SMC através do flange FACI e mangueira MDE. Já o flange Vent se conecta à mangueira MVC do caminhão, que é responsável por transferir os gases de volta ao caminhão. A saída de material de processo SMP irá por tubulação fechada direto para o reator de produção bombeado pela bomba pneumática BP.

Figura 6.8 – Corte ISO do Isotânque.



Fonte: Autor.

### 6.3.2 Armazenamento

O Isotânque está apoiado em uma estrutura metálica que lhe confere proteção e fixação. Ele é revestido com material térmico para manter sua temperatura sempre baixa. Sua parte interior é em aço inox. As saídas que se interligam com o meio são flangeadas ou parafusadas de forma permanente durante todas as operações de produção.

Estas interligações do vaso são únicas quatro, conforme a o corte ISSO na Figura 6.8. A primeira é sua saída de material de processo SMP que é flangeada e nunca é desmontada. A segunda é a saída VENT, responsável pela troca de gases entre ao isotânque e o caminhão tanque que, da mesma forma é flangeada e nunca é retirada. A terceira é o flange da tubulação de abastecimento EMT. A quarta, é a tampa de visita localizada na parte superior do tanque. Esta tampa é parafusada, bem vedada e só é utilizada em inspeções de certificações, que não são palco deste trabalho.

Esta descrição esclarece que este recipiente não solta gases durante o processo devido suas características de suas interligações mecânicas durante todo o processo. Pode-se dizer que em termos de formação de gases ele é hermeticamente fechado. Essas informações serão relevantes para a classificação da sua periferia em relação ao tipo de zona.

Figura 6.9 – Isotânque.



Fonte: Autor.

### 6.3.3 Operação de transferência e formulação

A operação de transferência consiste em bombear o produto inflamável do isotanque para o reator, iniciando ao mesmo tempo a operação de formulação do herbicida. A formulação é responsável pela formação da segunda situação de atmosfera explosiva, mais precisamente no momento da entrada de MIPA dentro do reator. Esse processo denomina-se aaminação, que é a mistura da MIPA com o ácido granulado e os outros componentes gerando uma reação química exotérmica. Essas operações são automatizadas e acompanhadas por operadores na Sala de Formulação.

A Figura 6.10 exibe a imagem do reator do processo de formulação *in locu*. A Figura 6.12 apresenta o corte RPF do reator contendo os principais equipamentos como, motor com invólucro de proteção, sensor, bomba, condutores e tubos flangeados.

Figura 6.10 – Reator de formulação.

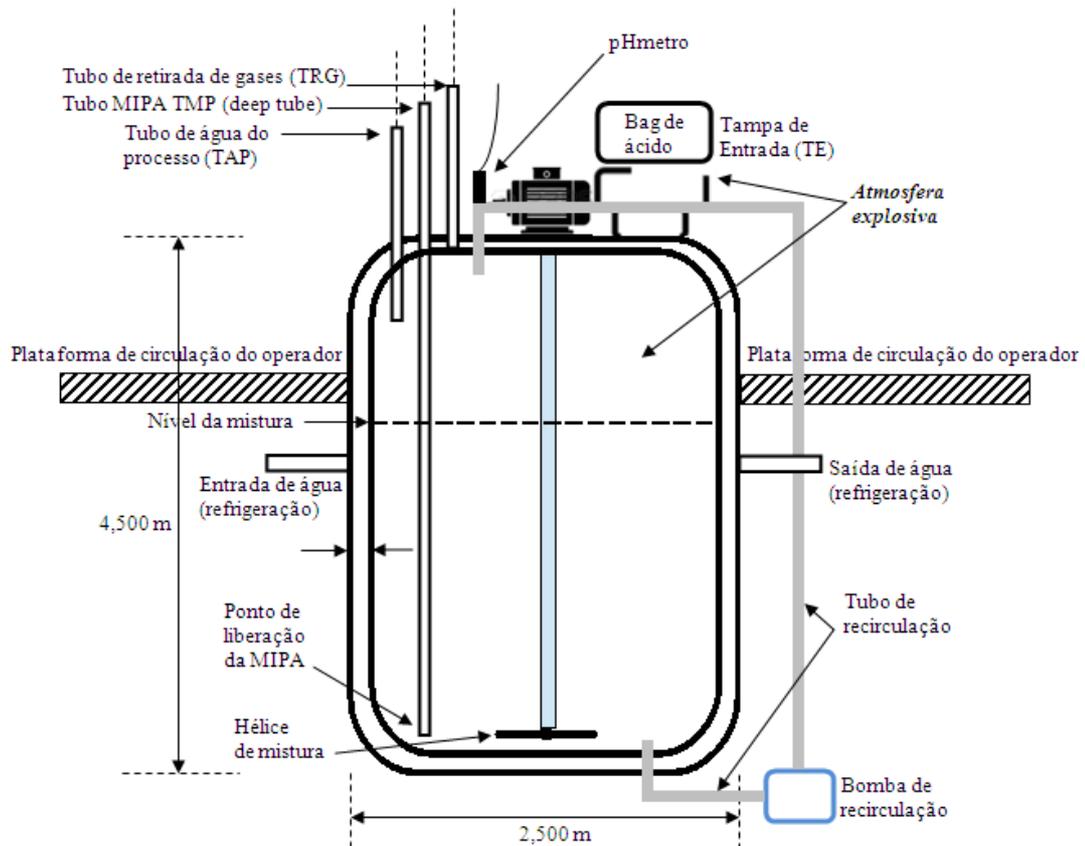


Fonte: Autor.

Na transferência da MIPA é utilizada uma bomba pneumática, denominada BP, localizada na área de tancagem com seu acionamento através do quadro pneumático localizado na área de descarregamento. Essa bomba BP tem velocidade bem mais lenta se comparada à velocidade na operação de descarregamento. Essa velocidade bem mais lenta é necessária, pois a reação da MIPA com a solução aquosa deverá ser controlada, porque isso reflete indiscutivelmente na agressividade da formação de mais ou de menos atmosfera explosiva dentro do reator e em suas adjacências. Durante a operação, se ocorrer alguma falha

na transferência, caso as válvulas se fechem e a bomba continue funcionando, a bomba pneumática deixa de funcionar por excesso de pressão, pois as suas membranas possuem baixa capacidade de pressurização de linha, o que não acontece com a bomba elétrica, que continua bombeando pela força da eletricidade causando aquecimento, pressurização extrema e incêndio. Outro motivo do uso dessa bomba é a redução do seu custo, por tratar-se de um componente que não necessita de invólucro proteção.

Figura 6.11 – Corte do reator (RFP).



Fonte: Autor.

Antes de injetar a MIPA no reator através da transferência, pela tampa de entrada TE são adicionados no reator ácido glifosato granulado, uréia, citrato de hidrogênio e fertilizante. Em seguida, pelo tubo TAP é injetada água para preparar a solução aquosa. Após esses procedimentos, a bomba pneumática BP é acionada, iniciando lentamente a transferência da MIPA pelo tubo TMP que vai até o fundo do reator. A reação da MIPA com o ácido é imediata e desprende calor, daí a necessidade do reator ser de “camisa oca”, ou seja, dentro dessa camisa passa água de refrigeração para retirar o calor gerado na reação exotérmica. A mistura fica em constante movimento através da hélice de mistura, acoplada ao

motor-agitador, e ao mesmo tempo é bombeada de baixo para cima por uma bomba denominada bomba de recirculação BRE. Durante o processo um computador controla o volume de MIPA dentro do reator através de um sensor denominado Phmetro, instalado no tubo do sistema de recirculação. Esse sensor faz a leitura da concentração da solução e determina o momento em que a transferência é interrompida.

Mesmo com todos os procedimentos e cuidados técnicos no momento da formulação, ainda escapa da solução uma quantidade MIPA crua, ou seja, que não foi totalmente absorvida solução não sendo transformada em herbicida. Essas pequenas quantidades na forma de vapor vão para o topo do reator em direção a parte externa superior pela tampa TE e forma então nesses ambientes a tão temida atmosfera explosiva. Todo o processo, bem como, os componentes elétricos envolvidos são alvos máximos de deste trabalho para a classificação de área.

## **6.4 Classificação de área**

Pela a análise procedimentos e operações e, seguindo as recomendações da ABNT NBR 60079-10-1/2009 para locais com a presença de atmosfera de explosiva de gás ou vapor, os referidos os locais de descarregamento, armazenamento e formulação foram classificados.

### **6.4.1 Área de descarregamento**

Pela característica da operação de descarregamento descritas nos itens anteriores, pelas informações físicas com o layout, direção do vento e outros fatores que influenciaram o tipo e a extensão das zonas apresentados na Tabela 6.2, confere-se classificação com Zona 1 e Zona 2.

A Figura 6.12 apresenta o perímetro das zonas com suas extensões (horizontais e verticais) pela vista frontal do caminhão tanque no ponto de descarregamento. A Figura 6.13 apresenta a marcação das medidas de profundidade através vistas superior no ponto de descarregamento.

No local a direção do vento é horizontal com sentido de leste para o oeste, o que justifica a extensão da zona ser maior a esquerda da fonte de risco (acoplamento da mangueira do caminhão tanque). Não foi possível a determinação o grau e a disponibilidade do vento,

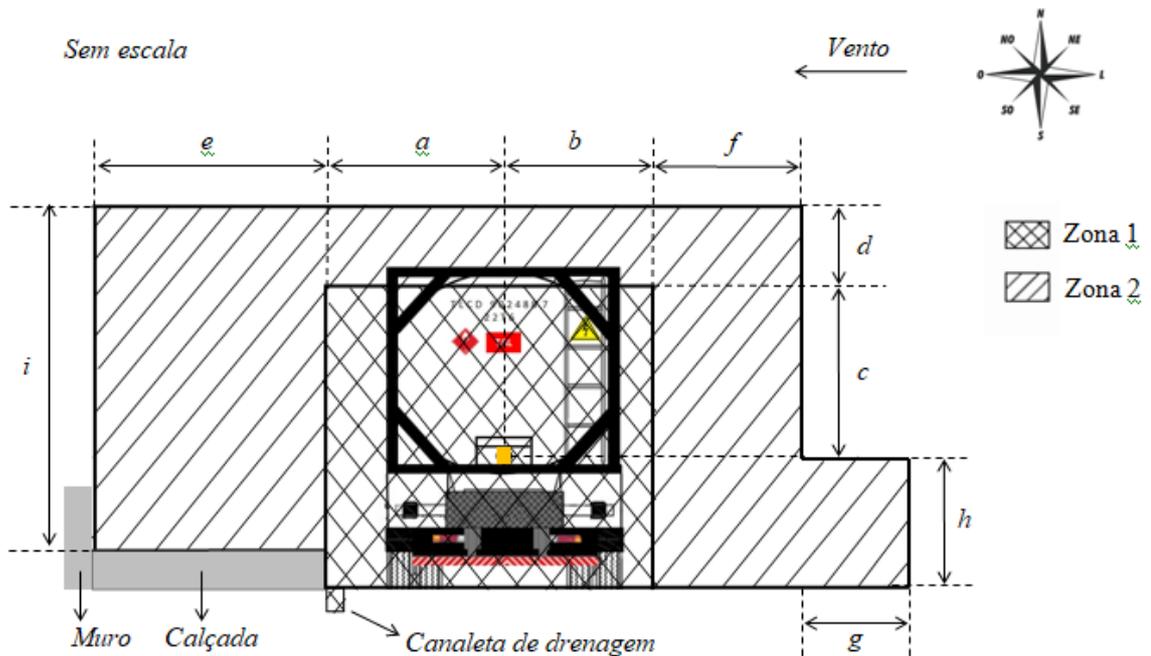
pois estes dependem do valor da velocidade do vento no local e do  $Vz$ , que é o volume hipotético do gás ou vapor (concentração média do gás relacionado com o LIE).

Tabela 6.2 – Informações para classificação no descarregamento.

Fatores que influenciaram o tipo e a extensão das zonas		
Ventilação	Tipo	Natural
	Grau	Não disponível
	Disponibilidade	Não disponível
Fonte de risco	Acoplamento do tanque	Grau de risco primário
	Derramamento ao nível do solo	Grau de risco primário
Produto	Ponto de fulgor	Abaixo das temperaturas de processo e ambiente
	Densidade de gás/vapor	Mais pesado que a ar

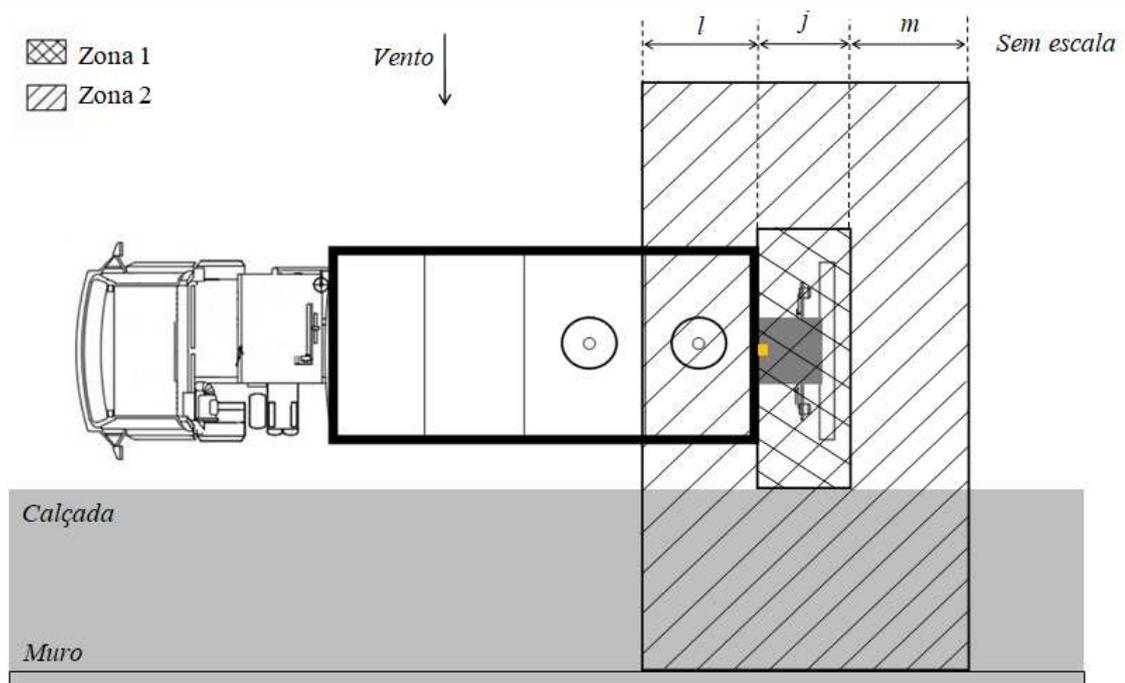
Fonte: Autor.

Figura 6.12 – Vista frontal da área classificado do descarregamento.



Fonte: Autor.

Figura 6.13 – Vista superior da área classificada do descarregamento.



Fonte: Autor.

Levando em consideração os parâmetros relevantes, a Tabela 6.3 apresenta as medidas da zona 1 e da zona 2.

Tabela 6.3 – Extensão das zonas para o descarregamento.

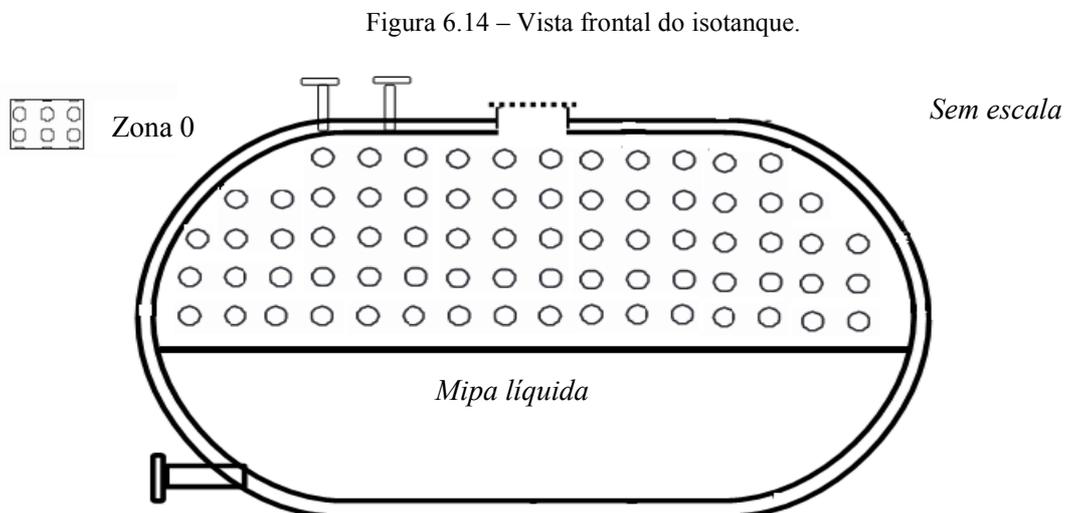
Extensão das zonas	
Medida (m)	Descrição
$a = 2,00$	Horizontalmente à esquerda da fonte de risco
$b = 1,50$	Horizontalmente à direita da fonte de risco
$c = 2,00$	Acima da fonte de risco
$d = 1,50$	Acima da zona 1
$e = 3,00$	Horizontalmente à esquerda da zona 1
$f = 1,50$	Horizontalmente à direita da zona 1
$g = 1,00$	Horizontalmente a partir de $f$
$h = 1,50$	Acima do piso (asfalto)
$i = 4,50$	Acima da calçada
$j = 1,50$	A partir da fonte de risco
$l = 1,50$	A partir da zona 1
$m = 2,00$	A partir da zona 1

Fonte: Autor

### 6.4.2 Área de armazenagem

Como descrito no item 5.3, o recipiente de armazenamento de MIPA desta planta é hermeticamente fechado em relação à sua periferia, portanto não oferece nenhum tipo de atmosfera explosiva em qualquer momento das operações descritas neste trabalho, salvo em casos de acidentes com vazamento. A área externa desse equipamento se enquadra no item 5.2 da ABNT NBR 60079-10-1/2009, que diz se o equipamento contiver material inflamável, mas não seja capaz de liberar esse material para a atmosfera (por exemplo, uma tubulação totalmente soldada), não é considerada uma fonte de risco. Ainda o anexo A.1.1 da mesma norma diz que seria classificado externamente se houvesse alguma espécie de respiro (“vent”) o que não é o caso.

Dito isto e com base na norma de classificação, nas características do isotanque e do local de sua instalação, considera-se como área classificada somente o interior do isotanque, classificada como zona 0. A Figura 6.14 apresenta o desenho da classificação da zona no interior deste equipamento:



Fonte: Autor.

### 6.4.3 Área de formulação

No local, a velocidade da ventilação não fora medida. Existem as portas de acesso, paredes do galpão com cobogós e aberturas próximas à cobertura para entrada de ar conforme Figura 6.15.

Figura 6.15 – Parte externa da área de formulação.



Fonte: Autor.

Tabela 6.4 – Informações para classificação na área de formulação.

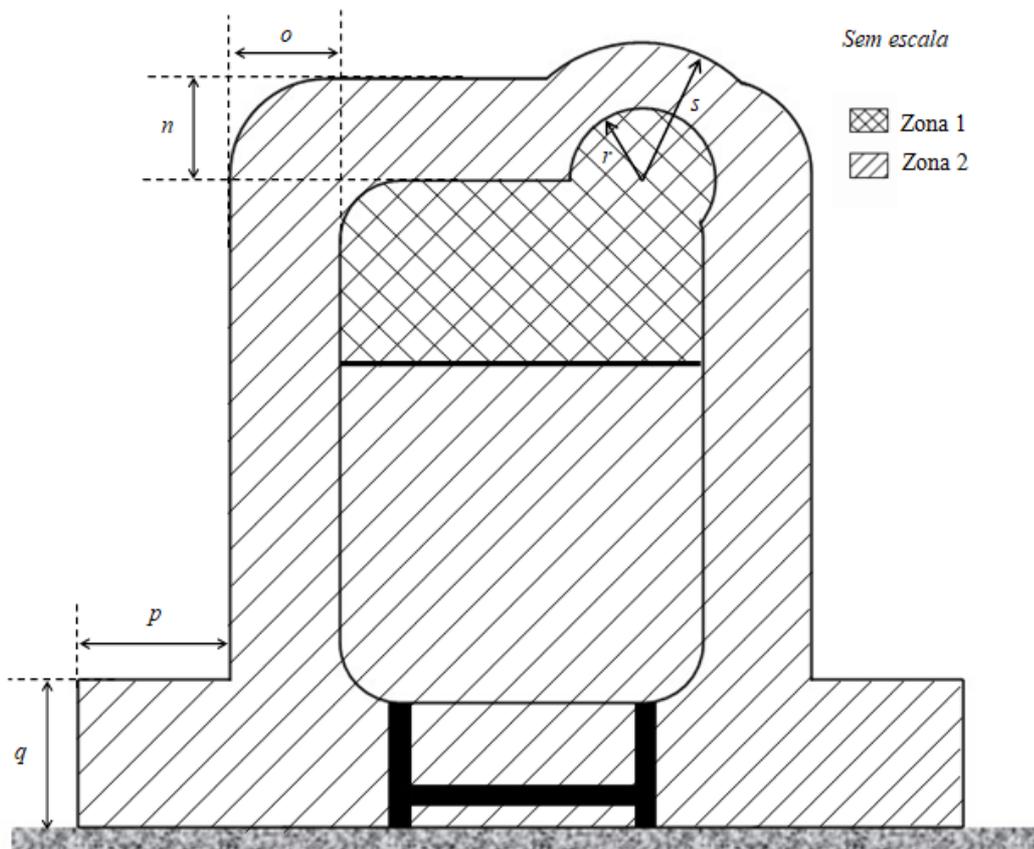
Fatores que influenciaram o tipo e a extensão das zonas		
Ventilação	Tipo	Natural – através de portas, cobogós e aberturas no teto.
	Grau	Não disponível
	Disponibilidade	Não disponível
Fonte de risco	Tampa de entrada do reator	Grau de risco primário
	Derramamento ao nível do solo	Grau de risco secundário
Produto	Ponto de fulgor	Abaixo das temperaturas de processo e ambiente
	Densidade de gás/vapor	Mais pesado que o ar

Fonte: Autor.

Pela característica da operação de formulação descritas nos itens anteriores deste trabalho e com as características físicas do local, confere-se no interior e exterior do reator as Zonas 1 e 2 conforme a Figura 6.16. A simetria da hachura pelos lados se justifica pela

ausência do vento dentro da planta de formulação. Isso resulta em uma parte da zona 01 e zona 02 simétricas para ambos os lados.

Figura 6.16 – Área classificada do reator.



Fonte: Autor.

Tabela 6.5 – Extensão das zonas para formulação.

Extensão das zonas	
Medida (m)	Descrição
$n = 1,00$	Acima da fonte de risco (tampa do reator)
$o = 1,00$	Horizontalmente à parede do reator
$p = 1,00$	Horizontalmente
$q = 1,50$	Acima do piso (chão)
$r = 0,50$	Acima da fonte de risco (tampa do reator)
$s = 1,00$	Acima da tampa do reator ou 0,50 m a partir da zona 1

Fonte: Autor.

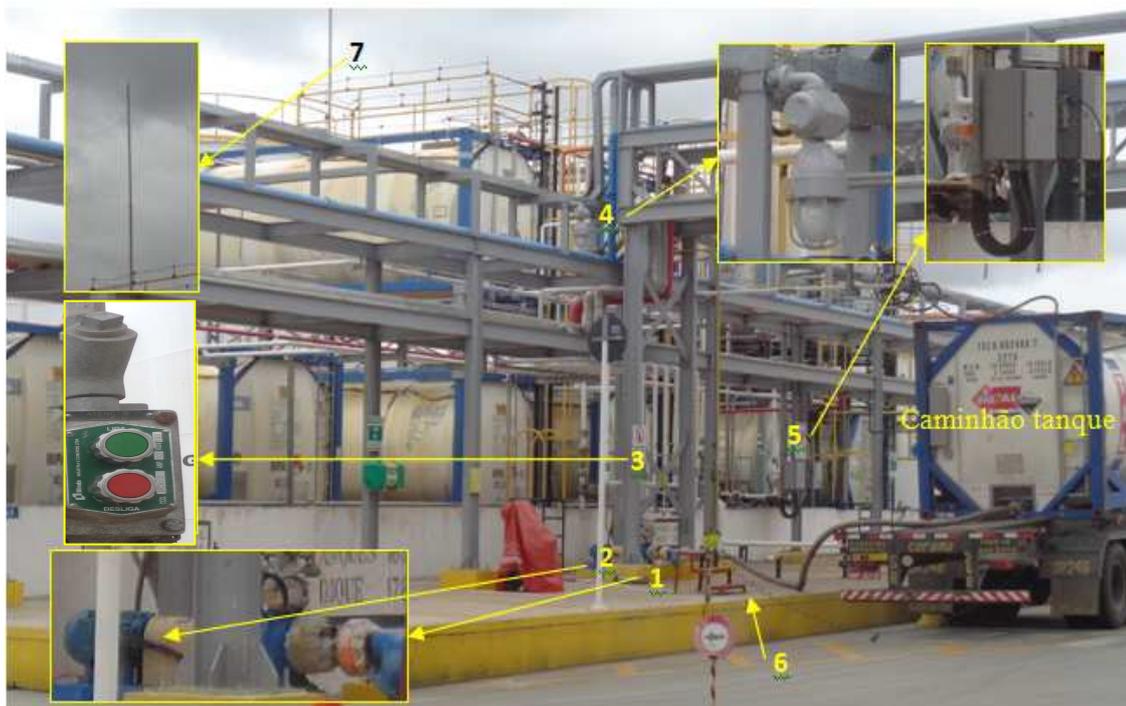
## 6.5 Equipamentos elétricos

Para as operações descritas no item 6.3, a correta seleção de equipamentos elétricos, bem como seus funcionamentos são imprescindíveis para uma eficiente produção de herbicida e segurança no local. Assim, os equipamentos elétricos presentes na atmosfera explosiva onde a área fora classificada, foram analisados para confirmar se estão de acordo com as recomendações normativas.

### 6.5.1 Descarregamento

Os equipamentos, componentes e acessórios elétricos presentes na área classificada, na operação de descarregamento, estão enumerados na Figura 6.16 e listados na Tabela 6.6.

Figura 6.17 – Equipamentos elétricos na área classificada de descarregamento.



Fonte: Autor.

Tabela 6.6 – Equipamentos elétricos na área do descarregamento.

Equipamentos
1 - Motobomba de descarregamento BOB
2 - Eletroduto flexível blindado
3 - Botoeira de acionamento da motobomba
4 - Lâmpada
5 - Quadro pneumático
6 - Aterramento
7 - Captor vertical - SPDA

Fonte: Autor.

O início da operação de descarregamento consiste no estacionamento do caminhão tanque e a sua fixação através de calços nos pneus para evitar movimentações. O operador devidamente vestido com vestimenta de proteção química e máscara facial total inicia a operação nas seguintes etapas:

1. Conexão do alicate de aterramento;
2. Conexão da mangueira Vent
3. Conexão da mangueira de descarga;
4. Acionamento da botoeira blindada BB para ligar a motobomba BOB e bombear o produto para dentro do isotanque.

Todos os veículos de descarregamento podem acumular energia estática e gerar centelhas que, dentro de um ambiente explosivo, podem gerar explosão e incêndio. Então é obrigatório o uso de sistemas de aterramento para energia estática, tornando esta operação segura. A Figura 6.18 exibe as conexões de aterramento nas áreas de descarregamento e tancagem.

Figura 6.18 – Conexões de aterramento.



Fonte: Autor.

Nesta etapa de descarregamento os itens elétricos que necessitam de invólucro de proteção são: a motobomba de descarregamento BOB (WEG 380 V/ 5 cv/ IP 55) a botoeira de acionamento BB (10 A/500 V/ IP 55), e as lâmpadas (150 W/ 220 V/ IP 66) da área de tancagem.

A motobomba de descarregamento possui mais uma característica para tornar a operação e o ambiente mais seguros. Além da proteção de seu motor ter IP 55, ela não possui selo de vedação convencional (selo mecânico) entre o motor e a bomba, mas sim selo magnético. Nessa motobomba não há eixo de interligação entre o motor e a bomba, mas há um conjunto de irmãs permanentes acoplados ao eixo do motor e outro conjunto de imãs unidos ao rotor da bomba. Através da energia magnética é realizado o acoplamento/acionamento que transmite o torque (potência) do motor para a bomba e inicia o bombeamento da MIPA, evitando qualquer contato do líquido inflamável com o motor. Esse tipo de motobomba é utilizado nas indústrias químicas, de combustíveis, de alimentos, de bebidas alcoólicas, etc.

A botoeira de acionamento da motobomba é do tipo Ex d, do fabricante Blinda (modelo BCX), que confina a explosão em seu interior e evita a transmissão da explosão para a atmosfera explosiva ao redor do invólucro. O acionamento da motobomba através da botoeira tem saída por unidade seladora e eletroduto rígido, até a chegada em outra unidade seladora, já conectada por eletroduto flexível blindado conectado a motobomba como mostra a Figura 6.19.

Figura 6.19 – Botoeira de acionamento da motobomba e unidade seladora.



Fonte: Autor

O quadro elétrico de comando para ligar as lâmpadas, está fora da área classificada e não necessita de invólucro de proteção, conforme Figura 6.20.

Figura 6.20 – Lâmpadas Ex d e quadro de iluminação.



Fonte: Autor.

O quadro pneumático localizado na calçada da área de descarregamento tem a função de acionar a bomba pneumática BP durante o processo de formulação, ou seja, durante a operação de descarregamento esse quadro pneumático não é operado. Na Figura 6.17 em (7) pode-se observar um dos captores verticais, com para-raio tipo Franklin, do sistema de proteção contra descarga atmosférica instalados na área de tancagem.

### 6.5.2 Formulação

Na formulação pela Figura 6.21 pode-se a parte superior do reator os equipamentos acessórios elétricos instalados. Já Figura 6.22 vê-se a parte inferior do reator. Os equipamentos analisados e relevantes dentro do perímetro de área classificada foram lista na Tabela 6.7.

Figura 6.21 – Parte superior do reator.



Fonte: Autor.

Figura 6.22 – Parte inferior do reator.



Fonte: Autor.

Tabela 6.7 – Equipamentos elétricos na área da formulação

Equipamentos
Motor agitador MAG
Moto bomba de recirculação BRE
Eletrodutos
Sensor de PH - Phmetro
Botoeiras de acionamentos dos MAG e BRE

O motor agitador do fabricante WEG (380 V/ 5 cv/ IP 55) não possui placa que identifique invólucro de proteção para local com atmosfera explosiva. A motobomba de recirculação BRE do fabricante WEG (380 V / 3 cv/ IP 55), possui selo de vedação magnético e é apropriado para uso em local com atmosfera explosiva. As botoeiras para acionamento dos dois motores são do fabricante Blinda (10 A/500 V/ IP 66) e possuem invólucro Ex d . Os eletrodutos são do tipo metálicos flexíveis com proteção Ex. O sensor de pH (Phmetro) é alimentado por corrente contínua.

### 6.5.3 Classificação dos equipamentos elétricos

Foi feita a análise dos equipamentos elétricos instalados nos perímetros das zonas 1 e 2. A temperatura dos equipamentos deve ser menor que a temperatura de autoignição dos gases e vapores do meio circundante, que é 355 ° C para MIPA. Assim de acordo com as características físicas e químicas da MIPA e conforme orientação do item 5.2 deste trabalho, a marcação dos equipamentos deverá ter:

- Classe de temperatura T2;
- Grupo de gás IIB;
- Nível EPL Gb;

Todos os equipamentos analisados estão listados nas Tabelas 6.8 e Tabela 6.9.

Tabela 6.8 – Análise dos equipamentos elétricos na área de descarregamento.

<b>Equipamento</b>	<b>Fabricante</b>	<b>Simbologia</b>	<b>Invólucro</b>	<b>Zona</b>	<b>Situação normativa</b>
Motobomba	WEG	Ex	d	1 e 2	Conforme
Botoeira	Blinda	Ex	d	1 e 2	Conforme
Lâmpada	Tucano	Ex	d	1 e 2	Conforme
Quadro elétrico pneumático	-	-	-	2	Não conforme
Eletroduto blindado flexível	Não disponível	Ex	d	1 e 2	Conforme

Tabela 6.9 – Análise dos equipamentos elétricos na área de formulação.

<b>Equipamento</b>	<b>Fabricante</b>	<b>Simbologia</b>	<b>Invólucro</b>	<b>Zona</b>	<b>Situação normativa</b>
Motor agitador	WEG	-	-		Não conforme
Motobomba de recirculação	WEG	Ex	d	2	Conforme
Botoeiras	Blinda	Ex	d	2	Conforme
Eletroduto blindado flexível	Não disponível	Ex	d	1 e 2	Conforme

## 6.6 Conclusão do estudo de caso

Os locais com a presença de atmosferas explosivas foram classificados de acordo com suas fontes de risco. As situações de atmosferas explosivas acontecem nos momentos de duas operações já conhecidas, descarregamento e formulação, ensejando a adequação dos equipamentos elétricos nas referidas operações.

A classificação de cada área foi realizada conforme as orientações normativas, com base em todos os dados e informações disponíveis nos locais. Não foi possível quantificar o volume do líquido inflamável que vai ao solo na desconexão da mangueira de descarregamento MDE e a quantidade de gás/vapor na saída da tampa de entrada TE do reator. Desta forma, não foi possível informar o grau da ventilação em cada local, pois para obter o grau da ventilação é necessário estimar o volume do líquido inflamável (volume hipotético) e também conhecer a velocidade do vento em cada local.

Dos equipamentos analisados e listados conforme as Tabelas 6.8 e 6.9, dois não estão em conformidade, o quadro pneumático no descarregamento e o motor agitador na formulação. O quadro elétrico pneumático, localizado na calçada da área do descarregamento, não oferece risco, pois ele não é manobrado durante a operação de descarregamento. Assim recomenda-se sua retirada do local e instalação a alguns metros além da zona 2, que é facilmente executável, não sendo necessário a aquisição de um quadro com invólucro de proteção Ex d, que tem custo elevado. Já o motor agitador, localizado na parte superior do reator, não possui segurança a prova de explosão, necessária para evitar uma inflamação do gás na atmosfera, caso algum problema elétrico interno aconteça. Para este equipamento, somente a troca sanará o problema.

## CAPÍTULO 7

### CONCLUSÃO E PERSPECTIVAS FUTURAS

A classificação de área e a análise dos equipamentos no estudo de caso deste trabalho tiveram restrições de informações. Dados adicionais ou melhores detalhes dos locais, como plantas baixas, plantas de cortes, topografia e outros, não puderam ser consideradas devido à impossibilidade de acesso irrestrito aos locais ou devido ao sigilo de informações.

Uma das visitas técnicas realizadas na unidade foi concomitante ao momento da operação de descarregamento. Nesta ocasião, o cenário de formação de atmosfera estava completo e contribuiu para que o autor presenciasse os procedimentos de pré-d Descarregamento, descarregamento e de pós-carregamento, além de registrar imagens à distância por motivo de segurança, que foram inseridas no estudo de caso.

Essas limitações de acesso a certos locais se justificam porque a planta fabril por suas características comerciais, não está totalmente disponível para visitas técnicas de graduandos em todos os dias ou momentos, pois a mesma está sempre em movimentação impedindo uma escrutinação mais tranquila. A presença de pessoas nas dependências da unidade, que não sejam funcionárias, sofre limitações de tempo e de segurança ou mesmo por simples incômodo.

A classificação de área e sua extensão em uma atmosfera explosiva, como fora descrito antes, não é uma tarefa fácil e possui decisão de caráter subjetivo. Cada planta produtiva possui suas características e leva a um resultado diferente para cada ambiente ou ramo de atividade, conforme a análise apurada do engenheiro julgador da classificação. Face às limitações descritas, o resultado do estudo de caso não pode ser considerado como um relatório final de classificação de área. Ele pode ser continuado e aprimorado com uso de medidores de concentração de vapor e utilização de um método para coleta de fluido para determinar a taxa de liberação da MIPA e assim quantificar uma extensão de zona mais precisa.

Mesmo assim, o resultado do estudo de caso não perde sua relevância, pois foi elaborado através de recomendações normativas e contribuiu com a unidade fabril, pois a mesma não possui suas áreas classificadas. Assim, este estudo de caso é o embrião para a discussão sobre a classificação de área e a revisão das especificações técnicas dos

componentes elétricos nas demais áreas de riscos da unidade fabril visitada. Também tenta aproximar-se ao máximo de informações com o exame dos equipamentos e do processo, os quais possam liberar materiais inflamáveis e sugerir modificações no projeto para minimizar as fatalidades.

Este trabalho final de curso alcança sua proposta inicial, de realizar a revisão bibliográfica das normas ABNT NBR IEC 60079, descrever de forma clara um roteiro com os procedimentos de classificação de área e seleção de equipamentos elétricos e, complementar o roteiro com um estudo de caso. Diante do exposto, espera-se o tema venha motivar outros graduandos, pois nos cursos de graduação em engenharia elétrica este assunto não é mencionado e não existe disciplina específica na grade curricular.

No mercado há sinais de aumento de demandas de empresas que venham a possuir parques fabris com estas características, como noticiado em 11 de janeiro de 2018 no site da Associação Brasileira de Zonas de Processamento de Exportação (ABRAZE). O site informa que o governo do Estado está buscando parceria com a empresa chinesa Qingdao Xinyutian Chemical que atua no ramo petroquímico. A mesma já foi registrada na Zona de Processamento de Exportação do Ceará (ZPE Ceará) no Complexo Industrial e Portuário do Pecém (CIPP) e sua instalação dependerá da aprovação do projeto da planta de refino do petróleo e de seu financiamento pelo Banco de Desenvolvimento da China (CDB).

Com uma perspectiva otimista de implantação dessa refinaria chinesa no estado Ceará, decerto serão criadas oportunidades de empregos e estágios. Assim, os graduandos de engenharia elétrica poderão elaborar ótimos trabalhos de conclusão de curso nesse ambiente com atmosfera explosiva.

Sugere-se que nos próximos trabalhos, os graduandos sejam motivados a desenvolver ferramentas computacionais ou softwares livres, que possam ser utilizados em desktops ou em smartphones e com base nos dados colhidos, contribuam para um estudo de classificação de área mais exato. Assim, com a assistência de um software, a análise de um projeto, desde um posto de combustível até uma planta macro (exemplo, uma indústria petroquímica), auxiliará o projetista em definir as extensões das zonas.

## REFERÊNCIAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR IEC 60079-0**. Atmosferas explosivas. Parte 0: Equipamentos – Requisitos gerais. Rio de Janeiro, 2013.

\_\_\_\_\_. **NBR IEC 60079-10-1**. Atmosferas explosivas. Parte 10-1: Classificação de áreas – Atmosferas explosivas de gás. Rio de Janeiro, 2009.

\_\_\_\_\_. **NBR IEC 60079-10-2**. Atmosferas explosivas. Parte 10-2: Classificação de áreas – Atmosferas explosivas de poeiras combustíveis. Rio de Janeiro, 2016.

\_\_\_\_\_. **NBR IEC 60079-14**. Atmosferas explosivas. Parte 14: Projeto, seleção e montagem de instalações elétricas. Rio de Janeiro, 2016.

\_\_\_\_\_. **NBR IEC 60529**. Graus de proteção providos por invólucros (Código IP). Rio de Janeiro, 2017.

Anuário Estatístico de Acidentes do Trabalho: EAT 2016. Ministério do Trabalho ... [et. al.]. – vol. 1 (2009) - . - Brasília: MF, 2016. 992 p. Disponível em: < <http://www.previdencia.gov.br/dados-abertos/dados-abertos-sst/>>. Acesso em 02 mai. 2018.

Bravema. Disponível em: <<https://pt.scribd.com/document/138809744/Treinamento>>. Acesso em 23 out. 2017

Catálogo TBS – OBO BETTERMANN (p. 37). Disponível em: <[http://www.obobrasil.com.br/resources/catalogo\\_dipositivo%20de%20protecao%20contra%20surtos%20dps.pdf](http://www.obobrasil.com.br/resources/catalogo_dipositivo%20de%20protecao%20contra%20surtos%20dps.pdf)>. Acesso em: 03 jun. 2017.

Catálogo TBS – OBO BETTERMANN **Transient and lightning protection systems** (p. 286). Disponível em: <<http://pdf.directindustry.com/pdf/obo-bettermann/tbs-transient-lightning-protection-systems/12326-23983.html>>. Acesso em: 03 jun. 2017.

Central Ex Disponível em: <<http://www.central-ex.com.br/portfolio/usxvn-e-usxvhn-unidade-seladora-com-niple/>>. Acesso em 02 nov. 2017.

COBEI – Comitê Brasileiro de Eletricidade, Eletrônica, Iluminação e Telecomunicações. Disponível em < [http://www.cobei.org.br/cobei\\_quem\\_somos.htm](http://www.cobei.org.br/cobei_quem_somos.htm) >. Acesso em 01 out. 2017.

COBEI – Comitê Brasileiro de Eletricidade, Eletrônica, Iluminação e Telecomunicações. Disponível em < <http://cobei-sc-31-atmosferas-explosivas.blogspot.com.br/> >. Acesso em 20 out. 2017.

EMPAT – Empresa Alagoana de Terminais Ltda. Disponível em: < <http://www.empat.com.br/noticia-completa.php?id=757>>. Acesso em 30 jun. 2017.

EASTMAN - **Technical Data Sheet Monoisopropylamine**. Disponível em: <<https://www.eastman.com/Products/Pages/ProductHome.aspx?Product=71103697>>. Acesso em 20 mar. 2018.

Fundacentro – Ministério do Trabalho. **Fundacentro debate cinco anos da nova NR 20**. Disponível em: <<http://www.fundacentro.gov.br/noticias/detalhe-da-noticia/2017/8/fundacentro-debate-cinco-anos-da-nova-nr-20>>. Acesso em 01 mai. 2018.

Haenke Tubos Flexíveis. Disponível em: <http://www.haenke.com.br/eletrodutos-metalicos-flexiveis/eletroduto-metalico-flexivel-para-atmosferas-explosivas-ex.php>. Acesso em 02 nov. 2017.

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

JORDÃO, D. M. **Pequeno manual de instalações elétricas em atmosferas potencialmente explosivas**. 1. ed. São Paulo, Blucher, 2012.

Lumerfix Suprimentos Industriais. Disponível em: <<http://limerfix.com.br/areas-ex-atmosferas-explosivas/>>. Acesso em 02 nov. 2017

Mecalux Logismarket. Disponível em: <<https://www.logismarket.ind.br/acr-sistemas-industriais/fim-curso-posicao-atmosferas-explosivas/4550329805-1476124041-p.html>>. Acesso em 23 out. 2017.

NEI. Disponível em: <<http://www.nei.com.br/produto/2010-05-eletroduto-flexivel-haenke-tubos-flexiveis-ltda?id=ee68a9d4-5ba7-11e4-8697-0e94104de12e>>. Acesso em: 02 nov. 2017.

NR 10 FACIL. Disponível em <<https://www.nr10facil.com/single-post/2017/08/30/NR-x-NBR-x-normas-internacionais>>. Acesso em 01 out. 2017

NUNES, S. L. J. AGROLINK, Defensivos agrícolas veja todos agrotóxicos registrados no Agrolinkfito, 2017. Disponível em: <[https://www.agrolink.com.br/culturas/soja/informacoes/defensivos\\_361534.html](https://www.agrolink.com.br/culturas/soja/informacoes/defensivos_361534.html)>. Acesso em 28 abr. 2018.

Onti – Automação industrial e tecnologia Disponível em: <<http://onti.com.br/2017/04/02/lewa-bombas/>>. Acesso em 03 jun. 2017.

O Setor Elétrico. Disponível em <<https://www.osetoreletrico.com.br/o-subcomite-sc-31-do-cobei-e-as-primeiras-normas-sobre-atmosferas-explosivas/>>. Acesso em 01 out. 2017.

RIBEIRO, M. A. **Instalações elétricas em áreas classificadas**. 5. ed. Salvador, Tek Treinamento & Consultoria Ltda., 2004.

SENSE – Sensores & Instrumentos. Disponível em: <<http://www.sense.com.br/arquivos/produtos/arq0/Curso%20Seg%20Intrinseca%20Sense%20-%20Ricardo%20Rossit.pdf>>. Acesso em: 23 out. 2017.

SILVA, J. DA **Atmosferas explosivas: instalação de equipamentos elétricos em áreas classificadas**. 1. ed. Jundiaí, Paco, 2014.

Tucano Brasil. Disponível em : <[http://www.tucanobrasil.com.br/explo/lumex/lum\\_ex.htm](http://www.tucanobrasil.com.br/explo/lumex/lum_ex.htm)>. Acesso em 24 out. 2017.

**ANEXO A**  
**CARACTERÍSTICAS DE ALGUMAS SUBSTÂNCIAS INFLAMÁVEIS**

Tabela A – Características de algumas substâncias químicas

Substância inflamável	Densidade relativa: Ar =1	Ponto de fulgor °C	Limite de explosividade por volume (%)		Temperatura de Autoignição °C	Classe de temperatura	Grupo do equipamento
			Inferior	Superior			
Metano (grisu)	0,55	Gás	4,4	17,0	595	T1	I
Buteno	1,93	Gás	1,6	10,0	345	T2	IIA
Ácido acético	2,07	39	4,0	19,9	510	T1	IIA
Amônia	0,59	Gás	150	33,6	630	T1	IIA
Benzeno	2,70	-11	1,2	8,6	498	T1	IIA
Cloreto de etileno	3,42	13	6,2	16,0	438	T2	IIA
Cloroetano	2,22	Gás	3,6	15,4	510	T1	IIA
Cloroeteno	2,15	Gás	3,6	33,0	415	T2	IIA
Éster metílico do ácido acético	2,56	-10	,1	16,0	505	T1	IIA
Etano	1,04	Gás	2,4	15,5	515	T1	IIA
Fenol	3,24	75	1,3	9,5	595	T1	IIA
Gasolina	3,00	- 46	1,4	7,6	280	T3	-
Metano industrial	-	Gás	4,4	17,0	600	T1	IIA
Metanol	1,11	9	6,0	36 a 60 °C	440	T2	IIA
Metilbenzeno	3,20	4	1,0	7,8	530	T1	IIA
Propano	1,56	Gás	1,7	10,9	450	T2	IIA
Querosene	-	38 a 72	0,7	5,0	210	T3	IIA
Álcool hexílico	3,50	60	1,1	11,8	280	T3	IIB
Álcool n-propílico	2,07	15	2,1	17,5	385	T2	IIB
Eteno	0,97	Gás	2,3	36	440	T2	IIB
Etil metil éter	2,10	Gás	2,0	10,1	190	T4	IIB
Metil éter	1,59	Gás	2,7	32,0	240	T2	IIB
Propenol	2,00	21	2,5	18,0	378	T2	IIB
Sulfeto de hidrogênio	1,19	Gás	4,0	45,5	260	T3	IIB
Acetileno	0,90	Gás	2,3	100,0	305	T2	IIC
Dissulfeto de carbono	2,64	- 30	0,6	60,0	90	T6	IIC
Hidrogênio	0,07	Gás	4,0	77,0	560	T1	IIC

Fonte: Silva (2014)

**ANEXO B**  
**QUANTIDADE DE ACIDENTES DO TRABALHO EM LOCAIS COM**  
**ATMOSFERAS EXPLOSIVAS**

Tabela B - Quantidade de acidentes do trabalho, por situação do registro e motivo, segundo a Classificação Nacional de Atividades Econômicas (CNAE), no Brasil - 2014/2016

QUANTIDADE DE ACIDENTES DO TRABALHO.																			
CNAE	DESCRIÇÃO	Total			Com CAT Registrada												Sem CAT Registrada		
					Total			Motivo											
		2014	2015	2016	2014	2015	2016	Típico		Trajeto		Doença do trabalho		2014	2015	2016			
0500	Extração de carvão mineral	263	253	174	263	240	166	232	211	150	27	21	13	4	8	3	-	13	8
0600	Extração de petróleo e gás natural	905	741	555	905	731	547	784	631	463	111	87	78	10	13	6	-	10	8
0910	Atividades de apoio à extração de petróleo e gás natural	1.109	869	562	1.109	835	525	903	711	454	142	110	56	64	14	15	-	34	37
1061	Beneficiamento do arroz e fabricação de produtos do arroz	401	396	366	401	371	340	339	302	284	58	62	54	4	7	2	-	25	26
1062	Moagem do trigo e fabricação de derivados	630	629	629	630	594	592	536	493	503	70	88	85	24	13	4	-	35	37
1064	Fabricação de farinha de milho e derivados, exceto óleo de milho	115	97	102	115	88	92	91	61	64	24	23	24	-	4	4	-	9	10
1065	Fabricação de amidos e féculas de vegetais e de óleos de milho	151	198	204	151	185	188	120	157	146	30	26	42	1	2	-	-	13	16
1071	Fabricação de açúcar em bruto	8.863	7.711	6.749	8.863	7.495	6.572	8.319	7.099	6.182	515	380	356	29	16	34	-	216	177
1072	Fabricação de açúcar refinado	153	113	151	153	107	148	140	100	142	13	7	6	-	-	-	-	6	3
1111	Fabricação de aguardentes e outras bebidas destiladas	320	196	162	198	151	144	162	119	107	30	29	32	6	3	5	122	45	18
1112	Fabricação de vinho	187	117	93	162	114	89	145	94	77	15	17	12	2	3	-	25	3	4
1113	Fabricação de malte, cervejas e chopes	887	786	712	851	724	650	682	561	507	143	129	122	26	34	21	36	62	62
1311	Preparação e fiação de fibras de algodão	584	506	395	584	466	354	477	389	284	90	73	62	17	4	8	-	40	41
1312	Preparação e fiação de fibras têxteis naturais, exceto algodão	188	122	125	188	111	121	160	96	92	26	14	28	2	1	1	-	11	4
1313	Fiação de fibras artificiais e sintéticas	228	191	182	228	180	171	195	160	145	25	19	25	8	1	1	-	11	11
1910	Coqueiras	97	50	48	21	15	24	11	14	22	10	-	1	-	1	1	76	35	24
1921	Fabricação de produtos do refino de petróleo	1.000	991	792	990	974	777	724	714	522	237	242	238	29	18	17	10	17	15
1922	Fabricação de produtos derivados do petróleo, exceto produtos do refino	166	146	111	166	142	109	116	122	87	47	20	21	3	-	1	-	4	2
1931	Fabricação de álcool	4.832	4.380	3.656	4.676	4.092	3.412	4.375	3.839	3.188	295	246	217	6	7	7	156	288	244
1932	Fabricação de biocombustível, exceto álcool	161	152	64	101	131	57	84	121	47	16	10	10	1	-	-	30	21	7
2014	Fabricação de gases industriais	69	62	61	69	61	59	53	44	45	14	16	11	2	1	3	-	1	2
2021	Fabricação de produtos petroquímicos básicos	206	104	61	163	92	57	143	81	44	18	10	9	2	1	4	43	12	4
2051	Fabricação de defensivos agrícolas	94	73	93	94	64	87	78	54	70	14	10	14	2	-	3	-	9	6
2071	Fabricação de tintas, vernizes, esmaltes e lacas	574	503	408	574	481	388	443	335	277	98	127	95	33	19	16	-	22	20
2073	Fabricação de impermeabilizantes, solventes e produtos afins	93	46	58	93	46	56	77	40	43	6	6	10	10	-	3	-	-	2
2092	Fabricação de explosivos	165	156	158	165	150	150	140	121	133	25	26	17	-	3	-	-	6	8
2093	Fabricação de aditivos de uso industrial	186	156	164	186	153	162	143	119	130	38	32	32	5	2	-	-	3	2
2110	Fabricação de produtos farmacêuticos	98	97	111	96	91	110	68	66	85	28	21	22	-	4	3	2	-	1
2121	Fabricação de medicamentos para uso humano	1.273	1.373	1.324	1.242	1.313	1.283	893	1006	941	294	284	313	55	23	29	31	60	41
2122	Fabricação de medicamentos para uso veterinário	175	139	146	169	133	140	145	107	102	21	25	36	3	1	2	6	6	6

Fonte: Anuário Estatístico de Acidentes do Trabalho: EAT 2016 - Ministério do Trabalho

**Acidentes com CAT Registrada** – correspondem ao número de acidentes cuja Comunicação de Acidentes do Trabalho – CAT foi registrada no INSS. Não é contabilizado o reinício de tratamento ou afastamento por agravamento de lesão de acidente do trabalho ou doença do trabalho, já comunicado anteriormente ao INSS;

**Acidentes sem CAT Registrada** – correspondem ao número de acidentes cuja Comunicação de Acidentes do Trabalho – CAT não foi registrada no INSS. O acidente é identificado por meio de um dos possíveis nexos: Nexo Técnico Profissional/Trabalho, Nexo Técnico Epidemiológico Previdenciário – NTEP, Nexo Técnico por Doença Equiparada a Acidente do Trabalho ou Nexo Individual. Esta identificação é feita pela nova forma de concessão de benefícios acidentários;

**Acidentes Típicos** – são os acidentes decorrentes da característica da atividade profissional desempenhada pelo segurado acidentado. Esse dado somente está disponível para acidentes que foram registrados por meio da CAT;

**Acidentes de Trajeto** – são os acidentes ocorridos no trajeto entre a residência e o local de trabalho do segurado e vice-versa. Esse dado somente está disponível para acidentes que foram registrados por meio da CAT;

**Doença do Trabalho** – são as doenças profissionais, aquelas produzidas ou desencadeadas pelo exercício do trabalho peculiar a determinado ramo de atividade, conforme disposto no Anexo II do Regulamento da Previdência Social – RPS, aprovado pelo Decreto no 3.048, de 6 de maio de 1999; e as doenças do trabalho, aquelas adquiridas ou desencadeadas em função de condições especiais em que o trabalho é realizado e com ele se relacione diretamente. Esse dado somente está disponível para acidentes que foram registrados por meio da CAT.

**ANEXO C**  
**FUNDACENTRO DEBATE CINCO ANOS DA NOVA NR 20**

**Norma estabelece requisitos mínimos para a gestão da segurança e saúde no trabalho com inflamáveis**

Por ACS/ Cristiane Reimberg em 14/08/2017

A publicação de uma legislação não é o fim de um trabalho e sim o começo de uma nova caminhada, em que ela precisa sair do papel e ser implementada. Uma das normas regulamentadoras criada pela Portaria nº 3.214 de 1978, a NR 20 – Segurança e Saúde no Trabalho com Inflamáveis e Combustíveis, passou quase 34 anos sem sofrer nenhuma modificação. Foi somente em 2012 que uma nova versão da NR foi publicada, dando origem, praticamente, a uma nova norma. Passados cinco anos dessa grande alteração, como está a implementação da norma? Discutir este cenário foi o objetivo do “Seminário sobre os cinco anos da Norma Regulamentadora 20 – Líquidos Inflamáveis e Combustíveis”, realizado pela Fundacentro, em São Paulo/SP, no dia 2 de agosto.

Para tanto, o coordenador do evento, o engenheiro químico e de segurança Fernando Sobrinho, reuniu diferentes especialistas para falar de temas como acidentes envolvendo gás natural, gás natural veicular (GNV) e gás liquefeito de petróleo (GLP); monitoramento remoto de gases e vapores; características, perigos e segurança nas operações e uso doméstico de GLP.

A abertura do evento contou com a presença da presidente em exercício da Fundacentro, Leonice da Paz, e do diretor técnico, Robson Spinelli. “Quero parabenizar o Fernando, que contribuiu para iniciarmos o mês de agosto com chave de ouro. Neste ano em que a Fundacentro completa 51 anos, o que tem feito a instituição estar viva são trabalhos como o do Fernando, um engenheiro químico e de segurança gabaritado. Este é um assunto de importância nacional e internacional”, avalia a presidente. Já para o diretor ainda pleiteamos a adequação do mínimo, e o evento possibilita a análise crítica desses cinco anos da NR 20, contribuindo para uma mudança positiva.

## Prevenção no trabalho

Não é possível pensar a prevenção, sem se analisar os acidentes do trabalho, avaliando a multiplicidade de suas causas. Para fomentar esta reflexão, o engenheiro da Fundacentro, Fernando Sobrinho, apresentou acidentes envolvendo gás natural, GNV e GLP, passando por diferentes períodos e países a partir dos anos 1960.

Mas não se trata de um problema antigo ou resolvido. Em 2001, houve um rompimento de duto subterrâneo de GLP em obra do rodoanel na região de Barueri/SP. Outro acidente emblemático com GLP foi a explosão em um restaurante no centro do Rio de Janeiro/RJ em 2011. A cena se repetiu em 2015 nesse mesmo tipo de comércio e na mesma cidade.

O ano de 2016 teve vários acidentes citados. Em janeiro, em Cubatão, um vazamento com GLP em uma refinaria. Em março, em Manaus/AM, houve a queda de tanque de GLP de um caminhão com rompimento de válvula e vazamento, resultando em 10 feridos com gravidade. Outros acidentes ocorreram em Camaçari/BA, Coronel Vivida/PR e Fortaleza/CE. Esse último foi uma explosão de tanque de GNV com soldagem irregular que ocorreu em dezembro. O proprietário do taxi que explodiu havia ido ao banheiro no momento do acidente. Outra explosão de tanque de GNV ocorreu em São Gonçalo/RJ, em março de 2017.

“Há uma lacuna na NR 20 sobre gás natural. Temos que nos preocupar com o GNV. Há alguma coisa errada com este sistema. Tem ocorrido com muita frequência este tipo de acidente [explosão de tanques de veículos]”, alerta Sobrinho.

O engenheiro da Fundacentro também explicou que, dependendo do gás, das condições de armazenamento e vazamento, podem ocorrer três tipos de explosões. Bleve é a explosão do vapor em expansão de um líquido em ebulição (gases liquefeitos sob pressão). Explosão confinada é aquela que ocorre quando uma mistura explosiva de ar e gás entra em ignição em um espaço fechado, e a maior parte dos danos é causada por ondas de choque. Já a explosão não confinada ocorre quando uma mistura explosiva de ar mais gás entra em ignição em um espaço aberto. Nesse caso, parte dos danos decorre de energia térmica liberada, e outra das ondas de choque.

Sidney Leite, engenheiro da Comgas, foi outro profissional a mostrar os caminhos da prevenção, ao abordar as características, perigos e segurança nas operações e uso doméstico do gás natural. Em sua apresentação, destacou as medidas de segurança adotadas

pela empresa em que trabalha e os cuidados para garantir a segurança da operação e dos profissionais. Um exemplo é o uso de escoramentos na abertura de valas.

“A NR 20 interage com várias NRs. Temos que cumprir todas. Quando você está falando em vala, por exemplo, pode ser um espaço confinado”, explica. Sempre é feito o mapeamento do local para não danificar o que está no caminho da perfuração. Depois que a rede é inserida, realiza-se a união das extremidades com solda, fazendo-se testes de pressão para verificar se não há vazamento.

Segundo o engenheiro da Congas, para atender a NR 20, realiza-se a classificação das instalações, a segurança operacional, a inspeção de SST, a capacitação dos trabalhadores e o uso de requisitos de segurança, saúde e meio ambiente equivalentes entre contratante e contratadas.

Já o engenheiro e diretor executivo da Enesens, Alexandre Sá, mostrou tecnologia desenvolvida para o monitoramento de gases e vapores. A solução de detecção de gás desenvolvida leva ao cumprimento da NR 20 com uma plataforma digital com módulos de segurança.

Essa plataforma traz um sistema de gás e alarme, que possibilita receber em tempo real a concentração de gás e permite realizar o monitoramento de toda instalação. É possível acessar os detectores e alertas, além de produzir relatórios para auditoria. O módulo segurança conectada permite monitoramento *full time* e análise de cenário. Se necessário, realiza-se a intervenção nas operações, por exemplo, um corte de energia ou o disparo de um sistema de exaustão.

### **Prevenção em casa**

Outra palestra do engenheiro Fernando Sobrinho mostrou os perigos e características do uso doméstico do GLP (gás de cozinha). No caso de vazamento com fogo em botijões de gás, é preciso vedar a saída de gás e jamais se deve deitar o botijão. Quando se compra um botijão de gás, deve-se observar se o objeto está em bom estado e se o lacre é original. A mangueira deve ser certificada pelo Inmetro, e não deve passar pela parte traseira do fogão. Os botijões fora de uso devem ser guardados em locais abertos e ventilados, mas protegidos do sol, chuva e umidade. Nunca se deve utilizar sabão em pedra para vedar vazamento.

Em caso de vazamento de gás sem fogo, os procedimentos adotados são: desligar a chave geral da eletricidade pelo lado de fora da residência; afastar as pessoas do local; não acionar interruptores de eletricidade; fechar o registro de gás / retirar o botijão; não fumar nem acender fósforos ou isqueiros; abrir portas e janelas, se o ambiente for fechado; chamar a empresa distribuidora ou o Corpo de Bombeiros em casos graves.

Os participantes também assistiram ao vídeo “Segurança com gás liquefeito de petróleo”, disponível no YouTube da Fundacentro.

## **Debate**

O Seminário foi encerrado com uma mesa que reuniu o secretário geral do Sindicato dos Petroleiros do Litoral Paulista – Sindipetro/LP, Marcelo Juvenal Vasco; o responsável pelo Departamento de Saúde do Trabalhador da Fequimfar (Federação dos Trabalhadores nas Indústrias Químicas e Farmacêuticas do Estado de São Paulo), João Scaboli; o gerente de gestão empresarial da Abiquim (Associação Brasileira da Indústria Química), Luiz Harayashiki; Fernando Sobrinho, da Fundacentro; Anildo Passos, auditor fiscal da SRT/SP (Superintendência Regional do Trabalho do Estado de São Paulo); e Alexandre Sá, da Enesens.

Fernando Sobrinho destacou que a NR abrange extração, produção, armazenamento, transferência, manuseio e manipulação de inflamáveis, nas etapas de projeto, construção, montagem, operação, manutenção, inspeção e desativação da instalação. Ela não se aplica à exploração e produção de petróleo e gás do subsolo marinho; e edificações residenciais unifamiliares.

Como pontos importantes da revisão da norma, para Sobrinho, estão os itens que tratam da análise de risco, da capacitação dos trabalhadores, do controle de fontes de ignição, do plano de resposta a emergências da instalação, do tanque de líquidos inflamáveis no interior de Edifícios e da desativação da instalação. Já Alexandre Sá apontou aspectos do item voltado ao projeto da instalação como os dispositivos de segurança para mitigar explosão e incêndio e o monitoramento de emissões fugitivas.

Para Scaboli, a participação dos trabalhadores e da Fundacentro foi importante para a revisão da NR 20, que foi motivada por um documento do setor sucroalcooleiro, do qual participaram a Força Sindical e a CUT. Harayashiki, por sua vez, destaca o trabalho árduo e tripartite bastante gratificante. “Não foi fácil chegar ao consenso que chegamos”,

conclui o representante dos empregadores. Já Vasco, do Sindipetro/LP, destaca que algumas empresas não estão atentas ao fato de que mesmo encerrando as atividades ou sem operar devem fazer a descontaminação e desativação da instalação.

O auditor fiscal Anildo Passos mostrou alguns dados da fiscalização: 16.721 itens da NR 20 foram fiscalizados no Brasil e 3.307 em São Paulo. Dos acidentes ocorridos, ele destacou um caso de Diadema/SP, de novembro de 2016, em uma pequena empresa que tinha o produto chamado tinta da alegria, e dois acidentes no Porto de Santos – na Ultracargo em 2015 e Localfrio em 2016.

No caso de Diadema, as principais causas do acidente foram a falta de análise de risco da tarefa, a falha na antecipação e detecção de risco e perigo, o trabalho em ambiente com atmosfera explosiva sem proteção, a falta ou inadequação no planejamento do trabalho, o armazenamento realizado de forma precária ou insegura e falhas no plano de emergência.

Há um ano foi iniciada uma ação fiscal no Porto de Santos, que ainda está em curso. As principais irregularidades encontradas foram faltas de manutenções, ausência de estudo de classificação de área, inadequação do SPDA (Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas), inadequação do plano de resposta à emergência, equipamentos elétricos e eletrônicos inadequados para áreas classificadas.

“A NR 20 é uma norma dinâmica porque o processo produtivo é dinâmico. Nós acreditamos que a observância da NR 20 poderia ter evitados esses acidentes”, conclui Passos. A fala do auditor mostra que o caminho da prevenção passa pela implementação dessa norma regulamentadora.

Fonte: Fundacentro – Ministério do Trabalho