UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO TECNOLÓGICO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA
PROJETO DE GRADUAÇÃO

LEONARDO HELIODORO FONSECA

EQUIPAMENTOS E INSTALAÇÕES ELÉTRICAS EM ÁREAS CLASSIFICADAS E ESTUDO DE CASO DE UMA UNIDADE DE PROCESSAMENTO DE GÁS

VITÓRIA – ES
OUTUBRO/2018

LEONARDO HELIODORO FONSECA

EQUIPAMENTOS E INSTALAÇÕES ELÉTRICAS EM ÁREAS CLASSIFICADAS E ESTUDO DE CASO DE UMA UNIDADE DE PROCESSAMENTO DE GÁS

Parte manuscrita do projeto de Graduação do aluno **Leonardo Heliodoro Fonseca**, apresentada ao Departamento de Engenharia Elétrica do Centro Tecnológico da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para a obtenção do grau de Engenheiro Eletricista.

_____

Prof. Dr. Walbermark M. dos Santos
Professor de Eletrônica de Potência
Orientador

VITÓRIA – ES
OUTUBRO/2018

RESUMO

Neste trabalho são apresentados os diversos riscos e os cuidados que devem ser adotados quando da utilização de equipamentos a quente no interior de áreas classificadas, ou seja, para o uso de dispositivos eletroeletrônicos ou dispositivos que produzam energia suficiente (na forma de calor) para inflamar uma eventual atmosfera explosiva, onde esta última é esperada em função das substâncias presentes e das características do trabalho realizado. O presente estudo mostra os fenômenos envolvidos, os riscos, os métodos e normas (nacionais e internacionais) utilizados para combatê-los visando, sempre, a continuidade operacional e a segurança das instalações e dos trabalhadores envolvidos. Ao fim deste trabalho faz-se ainda um estudo de caso de uma planta de processo industrial com o intuito de mostrar, na prática, a aplicação das normas, avaliar a conformidade da unidade com as normas e melhorar sempre a segurança dos trabalhadores e instalações, buscando, dentro da unidade em estudo, a excelência no quesito segurança.

ABSTRACT

On this paper there are presented the various risks and precautions that must be taken when using hot equipment inside of classified areas, in another words, for the use of electric and electronic devices as well devices that produce sufficient energy (heat) to ignite an explosive atmosphere, where this atmosphere is expected because of the existing substances and the characteristics of the work performed. The present study also shows the involved phenomena, the risks, the methods and standards (national and international) there are used to avoid them, always aiming at the operational continuity and safety of the facilities and workers involved. At the end of this work, a case study is carried out of an industrial process plant in order to show in practice the application of the standards, to evaluate the conformity of the unit with the standards and always improving the safety of the workers and the facilities, seeking, within the unit under study, excellence in the field of safety.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - NRs e Suas Áreas de Atividades 17
Quadro 1 - Entalpia de combustão padrão para vários combustíveis comuns.....22
Figura 2 - Triângulo do Fogo e Seus Elementos 24
Tabela 1 - Limites Inferiores e Superiores de Inflamabilidade Para Produtos.....27
Tabela 2 - Composição Típica do Gás Natural.....32
Figura 3 - Descrição das Zonas em Descarga de Caminhão Tanque.....44
Figura 4 – Extensão da Zona em Tanque de Teto Fixo Com Produto Inflamável.....45
Figura 5 – Exemplos de Placas de Sinalização de Áreas Classificadas 46
Quadro 2 - Relação Entre os Níveis de Proteção, Grupos e Zonas 50
Figura 6 - Ilustração do Significado da Codificação IP 51
Quadro 3 - Proteção Indicada Pelo Primeiro Numeral Característico do Código IP..51
Quadro 4 - Proteção Indicada Pelo Segundo Numeral Característico do Código IP.52
Quadro 5 - Letras e Suas Representações na Codificação IP (Item Opcional).....53
Figura 7 - Símbolo de Característica “EX” de Equipamentos 54
Tabela 3 - Relação Entre as Classes de Temperatura, Máximas Temperaturas de Superfície e Temperatura de Ignição do Gás Inflamável. 55
Quadro 6 - A Classificação dos Equipamentos em Grupos os Divide em Função da Substância Perigosa em Que Trabalham.....58
Quadro 7 - Graus de Resistência dos Equipamentos em Testes de Certificação.....59
Quadro 8 - Tipo de Equipamento Ex-P Adequado Ao Exterior do Invólucro 61
Quadro 9 - Equipamentos Ex, Características e Aplicações 69
Figura 8 - Detectores de Chama Fixos.....70
Figura 9 - Detector Multigás Portátil da Marca MSA 71
Figura 10 - Detectores de Gás Fixos Para Serem Instalados em Campo. 72
Figura 11 - Unidade Seladora em Corte Com Dreno Para Água.....76
Figura 12 - Ilustração Em Corte De Instalação De Prensa Cabos Em Invólucro Ex .77
Figura 13 - Caixa À Prova de Explosão Com Segurança Aumentada (Ex-d-e).....77
Quadro 10 - Medidas de Proteção em Falha de Pressurização 81
Figura 14 - Turbinas a Gás.....85
Figura 15 - Chama do *Flare* da Plataforma FPSO CLOV.....87
Figura 16 - Equipamentos Elétricos Típicos na Indústria 89
Figura 17 - Caixa de Ligação de Equipamento Sem parafuso 91

Figura 18 - Caixa de Ligação de Motor Elétrico Com Parafuso Frouxo 92
Figura 19 - Caixa de Eletroduto Sem parafusos.....93
Figura 20 - Prensa-Cabos Solto do Invólucro.....94
Figura 21 - Invólucro Ex-p Com Pressão Insuficiente 95
Figura 22 - Porta de Ambiente Pressurizado Quebrada.....96
Figura 23 - Porta de Sala Pressurizada Após Conserto.....97
Figura 24 – Modelo de Luminária Ex a Ser Substituída 98
Figura 25 - Luminárias Com Baixa Altura Livre do Solo.....99
Figura 26 - Exemplo de Luminária Sujeita a Grande Altitude.....100
Figura 27 - Modelo Proposto Para Locais Com Baixa Altura Livre do Solo 101
Figura 28 - Modelo de Luminária Proposto Para os Demais Casos.....102
Figura 29 - Mapa das Zonas de Risco e Representação do Contêiner.....104

LISTA DE SIGLAS

ABNT- Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANP - Agência Nacional de Petróleo Gás Natural e Biocombustíveis
CLT – Consolidação das Leis Trabalhistas
COT – Temperatura de Operação Contínua (do inglês *Continuous Operating Temperature)*
DOU – Diário Oficial da União
EPL – Nível de Proteção do Equipamento (do inglês *Equipment Protection Level)*
Ex – Símbolo de equipamento com proteção para atmosfera explosiva
FISCO – *Fieldbus Intrinsically Safe Concept*
FNICO – *Fieldbus Non-Incendive Concept*
FPSO – Unidade (plataforma) flutuante de produção, armazenamento e transferências (do inglês *Floating, Production, Storage and Offloading)*
GASMIG – Companhia de Gás de Minas Gerais
GLP – Gás Liquefeito de Petróleo
GN – Gás Natural
IEC - Comissão Eletrotécnica Internacional (do inglês *International Electrotechnical Commission)*
IP – Grau de Proteção (do inglês *Index of Protection* ou *Ingress Protection)*
ISO – Organização Internacional de Padronização (do inglês *International Organization for Standardization)*
LIE – Limite Inferior de Explosividade
LSE – Limite Superior de Explosividade
MPT - Ministério Público do Trabalho
MTb – Ministério do Trabalho
MTE – Ministério do Trabalho e Emprego
NR – Normas Regulamentadoras
NBR – Normas Brasileiras
PSV – Válvula de segurança de pressão (do inglês, *Pressure Safety Valve*)

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO 11

2. SEGURANÇA E ACIDENTES NO TRABALHO 13

2.1 SEGURANÇA DO TRABALHO 13

2.1.1 O Surgimento Da Segurança Do Trabalho No Mundo 13

2.1.2 A Segurança Do Trabalho No Brasil 15

2.2 NORMAS REGULAMENTADORAS – NRS E NBRS 15

2.2.1 ABNT NBR IEC 60079 17

2.3 ACIDENTES DE TRABALHO E DOENÇAS OCUPACIONAIS 18

3. FENÔMENOS E CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS – TERMOS E DEFINIÇÕES 20

3.1 ATMOSFERA EXPLOSIVA DE GÁS 20

3.2 ÁREAS CLASSIFICADAS 20

3.3 REAÇÕES DE OXIRREDUÇÃO (REDOX) 21

3.3.1 Combustão (Queima) 21

3.3.1.1 Combustível 22

3.3.1.2 Comburente 23

3.3.1.3 Energia de Ativação 23

3.3.1.4 Reação Em Cadeia 23

3.3.1.5 Triângulo do Fogo 23

3.3.2 Interrupção Da Combustão 24

3.4 PONTO DE FULGOR (FLASH POINT) 25

3.4.1 Líquido Combustível 25

3.4.2 Líquidos E Gases Inflamáveis 25

3.5 PONTO DE COMBUSTÃO 26

3.6 LIMITES DE EXPLOSIVIDADE (LIE E LSE) 26

3.7 IGNIÇÃO 27

3.7.1 Temperatura De Auto-Ignição 27

4. GASES E SUBSTÂNCIAS ESTUDADAS 31

4.1 GÁS NATURAL – GN 32

4.2 GÁS LIQUEFEITO DE PETRÓLEO – GLP 33

4.3 GASOLINA 34
4.4 GÁS NATURAL NÃO PROCESSADO (BRUTO) 34

5. FONTES DE IGNIÇÃO 36

5.1 SERVIÇOS REALIZADOS EM ÁREA CLASSIFICADA 36
5.1.1 Serviços E Operações A Quente Sem Eletricidade 37
5.1.1.1 Faíscas 37
5.1.1.2 Chama Aberta 39
5.1.1.3 Superfícies Quentes 39
5.1.2 Serviços E Operações Com Eletricidade 40

6. ÁREAS CLASSIFICADAS – ÁREAS E ZONAS 42

6.1 ZONAS 43
6.2 FONTE E GRAU DE RISCO 46

7. CONSTRUÇÃO DE EQUIPAMENTOS PROTEGIDOS 48

7.1 NÍVEL DE PROTEÇÃO DE EQUIPAMENTO (EPL) 48
7.2 GRAU DE PROTEÇÃO (IP) 50

8. EQUIPAMENTOS EX E TIPOS DE PROTEÇÃO DISPONÍVEIS 54

8.1 PROTEÇÃO POR INVÓLUCRO À PROVA DE EXPLOSÃO (EX-D) 59
8.2 PROTEÇÃO POR INVÓLUCRO PRESSURIZADO (EX-P) 60
8.3 PROTEÇÃO POR IMERSÃO EM LIQUIDO (EX-O) 62
8.4 PROTEÇÃO POR IMERSÃO AREIA (EX-Q) 63
8.5 PROTEÇÃO POR IMERSÃO RESINA (ENCAPSULAMENTO EX-M) 64
8.6 EQUIPAMENTO COM SEGURANÇA AUMENTADA (EX-E) 65
8.7 EQUIPAMENTO NÃO ANCENDÍVEL (EX-N) 66
8.8 EQUIPAMENTO HERMÉTICO (EX-H) 66
8.9 PROTEÇÃO POR SEGURANÇA INSTRÍNSECA (EX-I) 67
8.10 EQUIPAMENTO ESPECIAL (EX-S) 67

9. OUTROS DISPOSITIVOS 70

9.1 DETECTORES DE FOGO 70
9.2 DETECTORES DE GÁS 71

10. INSTALAÇÕES ELÉTRICAS EM ÁREAS CLASSIFICADAS 73

11. EDIFICAÇÕES E AMBIENTES PROTEGIDOS POR PRESSURIZAÇÃO 79

12 ESTUDO DE CASO DE UMA UNIDADE DE TRATAMENTO DE GÁS NO BRASIL 84

12.1 APRESENTAÇÃO DA UNIDADE 84
12.2 EQUIPAMENTOS A QUENTE DA UNIDADE 84
12.2.1 Equipamentos Não Elétricos 84
12.2.1.1 Fornos A Gás Combustível 84
12.2.1.2 Turbinas A Gás 85
12.2.1.3 Veículos Automotores 85
12.2.1.4 Motores De Combustão Interna 86
12.2.1.5 Sistema De Flare (Tocha) 86
12.2.2 Equipamentos Elétricos 89
12.3 DESAFIOS DA APLICAÇÃO PRÁTICA DAS NORMAS NA INDÚSTRIA - CORREÇÕES E SUGESTÕES DE MELHORIAS 90
12.3.1 Problemas Comuns De Falha De Equipamentos 91
12.3.2 Sugestões De Melhorias 97
12.3.2.1 Luminárias Para Áreas Classificadas (Ex) 97
12.3.2.2 Ambientes Pressurizados - Subestações 102
12.3.2.3 Realocação Do Container Habitacional De Apoio Às Equipes Operacionais 103

13 CONCLUSÃO 105

14 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS 107

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 108

1. INTRODUÇÃO

Com o advento da sociedade moderna e do consumo humano, muitos novos setores da indústria nasceram e outros precisaram evoluir para atender à crescente demanda por alimentos, bens de consumo e vestuário, commodities, dentre outros.

Neste cenário, apesar das polêmicas acerca de seus impactos ambientais, o setor de óleo e gás se tornou uma verdadeira mina de ouro, movendo montantes absurdos de dinheiro, mudando a rotina de cidades e países e motivando, inclusive, guerras internacionais pelo domínio deste recurso tão desejado.

O petróleo é um produto extremamente versátil podendo ser utilizado na fabricação de combustíveis, asfalto, roupas, fertilizantes, dentre uma infinidade de outros usos. Devido à sua gama de aplicações adquiriu um grande valor comercial e importância social.

O setor de óleo e gás, porém, traz intrinsecamente consigo substâncias, produtos e processos extremamente complexos e nocivos à saúde, seja pela presença de elementos tóxicos, seja pela presença de grandes quantidades de material combustível e inflamável. Apesar de todo este perigo, sua presença é tão necessária que cessar sua exploração não é uma opção no momento. O presente estudo versará sobre os riscos existentes e cuidados necessários para o trabalho com eletricidade em ambientes explosivos, sob a ótica da indústria de óleo e gás no Brasil.

Bem como acontece neste setor - que será objeto de estudo deste trabalho -, outros setores como os de produção de alimentos (grãos), minas de carvão, dentre outros, apresentam este mesmo dilema: submeter trabalhadores para produzir bens de extrema necessidade (e, consequentemente, de alto valor monetário) mesmo com os riscos de explosões.

Pois bem, foi com o avanço dos estudos na seara da segurança do trabalho, bem como, no aumento da preocupação da sociedade, não somente, com a saúde do trabalhador, mas também com o seu bem-estar e qualidade de vida, que muitas

normas e até mesmo leis foram criadas para regulamentar limites de exposição aos riscos e a fim de assegurar condições mínimas de trabalho.

Foi pensando nisso que a Comissão Eletrotécnica Internacional (IEC) - da qual o Brasil é membro por meio da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), criou uma série de normas a fim de tratar, especificamente, dos riscos e impor requisitos para projeto, fabricação, manutenção e operação de equipamentos e instalações no interior das chamadas áreas classificadas. Trata-se da norma ABNT IEC 60079 que compreende uma coletânea de partes (da norma), de caráter normativo e, portanto, de observância obrigatória em todo território nacional.

Este trabalho traz, também, um estudo de caso de uma planta de processamento de gás localizada em território brasileiro, mostrando as falhas mais comuns e corrigindo eventuais desvios e propondo melhorias na unidade.

2. SEGURANÇA E ACIDENTES NO TRABALHO

Desde os primórdios, voltando à época do surgimento das primeiras espécies humanas e especialmente, com o surgimento das primeiras ferramentas o homem executa as mais diversas atividades e serviços. Com o passar dos anos e a evolução da sociedade, cada vez mais pessoas se concentram em determinados locais a fim de realizar seus trabalhos. Com o passar dos anos e a aglomeração em cidades as atividades evoluíram, se tornaram mais organizadas e complexas. Surge o conceito de trabalho tal qual se conhece hoje. Surgem as relações trabalhistas.

2.1 Segurança Do Trabalho

2.1.1 O Surgimento Da Segurança Do Trabalho No Mundo

Embora o trabalho sempre tenha existido, e junto a ele as consequências e riscos das atividades realizadas – que também estiveram presentes desde o primeiro momento –, a preocupação com a saúde e segurança do trabalhador, especialmente no que tange a doenças ocupacionais – que nem sempre são facilmente associadas à determinado trabalho por levarem anos até se manifestarem –, integridade física, conforto e bem estar do trabalhador só vieram a ser estudadas e difundidas na transição do século XVII para o XVIII.

Mais precisamente, no ano de 1700, é publicado o livro que foi o divisor de águas desse assunto. O médico italiano Bernardino Ramazzini publicou o livro "*De Morbis Artifi cium Diatriba"* - As Doenças dos Trabalhadores, em português. O livro que descreve várias doenças relacionadas a determinadas atividades, sendo o primeiro estudo voltado a doenças ocupacionais. A importância deste livro é tamanha que por causa de sua publicação, Ramanzzini é considerado por muitos o pai da medicina do trabalho.

Nos anos seguintes, novos equipamentos, processos e produtos são inventados e aprimorados aumentando as relações de trabalho e a massa trabalhadora dos grandes centros. Tais avanços trouxeram consigo alguns problemas, como a aglomeração de várias pessoas realizando atividades ao mesmo tempo e no mesmo

lugar. Este cenário se agrava fortemente com a chegada da máquina a vapor e a revolução industrial.

Neste cenário de industrialização de fábricas e serviços tipicamente manuais, surge uma forte tendência de transformar espaços construídos para outros fins em fábricas que acolhiam o maior número de pessoas e de maquinário, com jornadas cada vez maiores e mais exaustivas, empregando inclusive muitas crianças e mulheres (pois estes recebiam salários menores e piores condições de trabalho).

Esses novos ambientes fabris eram corriqueiramente improvisados, ou seja, aquele espaço não havia sido projetado para acomodar tantas pessoas, maquinários e equipamentos e, portanto, costumavam ser muito quentes, barulhentos, com pouca iluminação e ventilação.

O resultado desta conjuntura criada pelo crescimento fugaz e acelerado da época levou o trabalhador a uma condição extrema, num ambiente de potencial risco à sua saúde e integridade física. O desgaste era tanto que o governo precisou intervir para garantir uma condição minimamente digna para os trabalhadores. Nasce no mundo a primeira lei trabalhista.

Chamada de “Lei de Saúde e Moral dos Aprendizes”, aprovada no início do século XIX pelo parlamento britânico. Esta lei estabeleceu proibições de trabalhos noturnos, manutenção de ambiente sem ventilação, jornada máxima de doze horas diárias, dentre outros direitos e obrigações. [1]

Em 1833, é promulgada a “Lei das fábricas” (*Factory Act*), apesar da existência da lei de saúde e moral dos aprendizes, a lei das fábricas é considerada a primeira legislação realmente eficaz na seara de proteção do trabalhador. Esta lei se aplicava a todas as fábricas têxteis com força hidráulica ou a vapor e trazia uma série de restrições ao abuso do trabalhador, especialmente o trabalhador infantil exigindo, inclusive, escolas dentro das fábricas para os trabalhadores menores de treze anos.

---

[1] Bitencourt, Celso Lima; Quelhas, Osvaldo Luis Gonçalves. **HISTÓRICO DA EVOLUÇÃO DOS CONCEITOS DE SEGURANÇA.** Disponível em:< http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep1998_art369.pdf >. Acesso em: 12 de setembro de 2018.

Além disso, um acompanhamento médico se fazia necessário para essas crianças. Seria o começo de programas médicos que visavam a saúde ocupacional. [2]

2.1.2 A Segurança Do Trabalho No Brasil

No Brasil, como a mão de obra largamente utilizada era escravagista e suas atividades majoritariamente agrícolas, pouco (ou nada) se falava a respeito das condições de trabalho e de segurança do trabalho até meados do século XX.

Em 1966, é criada a Fundação Jorge Duprat e Figueiredo - FUNDACENTRO com o objetivo de ser, como a própria fundação define, "uma instituição voltada para o estudo e pesquisa das condições dos ambientes de trabalho, com a participação de todos os agentes sociais envolvidos na questão" [3] e cuja missão é a "produção e difusão de conhecimentos que contribuam para a promoção da segurança e saúde dos trabalhadores, e trabalhadoras, visando ao desenvolvimento sustentável, com crescimento econômico, equidade social e proteção do meio ambiente". [4]

Em 1978 são publicadas as NRs - Normas Regulamentadoras, dando um novo e importante passo rumo à melhores condições de trabalho.

2.2 Normas Regulamentadoras – NRs e NBRs

Buscando um ambiente mais seguro e propício ao trabalho, bem como a padronização de determinadas atividades e características laborais, as Normas Regulamentadoras foram criadas pelo ministério do trabalho – MTB, através da portaria Nº 3.214, de 08 de junho de 1978, e publicadas diário oficial da união, DOU de 06/07/1978.

---

[2] Bitencourt, Celso Lima; Quelhas, Osvaldo Luis Gonçalves. **HISTÓRICO DA EVOLUÇÃO DOS CONCEITOS DE SEGURANÇA.** Disponível em:< http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep1998_art369.pdf >. Acesso em: 12 de setembro de 2018.

[3] Fundação Jorge Duprat e Figueiredo – **FUNDACENTRO.** Disponível em:< http://www.fundacentro.gov.br/institucional/missao >. Acesso em: 12 de setembro de 2018.

[4] Fundação Jorge Duprat e Figueiredo – **FUNDACENTRO.** Disponível em:< http://www.fundacentro.gov.br/institucional/historia>. Acesso em: 12 de setembro de 2018.

As NRs têm poder de lei, ou seja, seu conteúdo é obrigatório e deve ser cumprido em todas as esferas da administração pública bem como pela iniciativa privada em todo o território nacional e surgem como complemento à CLT, como dispõe a NR-1.

A NR-1[5], que versa sobre as disposições gerais das normas regulamentadoras, em seu item 1.1 diz que:

> As Normas Regulamentadoras - NR, relativas à segurança e medicina do trabalho, são de observância obrigatória pelas empresas privadas e públicas e pelos órgãos públicos da administração direta e indireta, bem como pelos órgãos dos Poderes Legislativo e Judiciário, que possuam empregados regidos pela Consolidação das Leis do Trabalho - CLT. (Alteração dada pela Portaria n.º 06, de 09/03/83)

A Figura 1 a seguir mostra o número das NRs e seus respectivos assuntos.

[5] Ministério do Trabalho. **Norma Regulamentadora 1:** Disposições Gerais. Disponível em: < http://trabalho.gov.br/images/Documentos/SST/NR/NR1.pdf>. Acesso em: 06 de junho de 2018.

Figura 1 - NRs e Suas Áreas de Atividades

Fonte: http://campimed.com.br/interna/186/criacao-e-modificacao-das-nrs-normas-regulamentadoras/496

2.2.1 ABNT NBR IEC 60079

Além das NRs editadas pelo ministério do trabalho, foi criada também a Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT, para garantir padronização nos trabalhos em diversos setores. Este trabalho dedicar-se-á, principalmente aos diversos aspectos da família de normas ABNT NBR IEC 60079. Esta norma é a NBR que versa sobre equipamentos elétricos para atmosferas explosivas. Tamanha a importância desta NBR, exigiu um maior detalhamento de suas alíneas, e como consequência uma grande extensão. Devido à sua extensão e à possibilidade de

novas situações, esta NBR é dividida em várias partes. A parte zero (NBR IEC 60079-0) traz as disposições gerais para trabalhos em áreas classificadas e as demais partes trazem métodos e exigências para determinados casos, serviços e equipamentos de maneira mais específica. O presente texto concentrar-se-á em instalações e equipamentos voltados para o setor de óleo e gás para melhor entendimento do estudo de caso que o motivou.

2.3 Acidentes De Trabalho E Doenças Ocupacionais

O principal objetivo da segurança no trabalho é justamente garantir a integridade do trabalhador. O objetivo do estudo da segurança no trabalho é privar pela vida humana, mas não se resume a evitar mortes e lesões nos trabalhadores. Além dos prejuízos óbvios de um acidente, temos outros problemas associados aos riscos do trabalho como, por exemplo: doenças ocupacionais, prejuízos financeiros causados ao patrimônio privado – um motorista de ônibus que colide e danifica o ônibus da empresa ou o caso de um empregado que falta o trabalho por ter sofrido um acidente, por exemplo -, gastos causados aos cofres públicos (com afastamentos, aposentadorias, licenças, pensões), prejuízos sociais e até impactos ambientais.

Dados recentes publicados pelo MPT[6] (ministério público do trabalho) mostram que, no período compreendido entre 2012 e maio de 2018, mais de 15 mil mortes foram registradas em decorrências de acidentes de trabalho no Brasil. Em outras palavras, a cada intervalo de pouco mais de 3 horas e meia, um trabalhador brasileiro morre no exercício de suas atividades laborais.

O impacto causado por um acidente ou doença ocupacional se reflete fortemente nos gastos públicos, especialmente, através do instituto de previdência pública, o INSS. Segundo o site do observatório digital de saúde e segurança do trabalho do MPT[7], os gastos da previdência com acidentados no referido período extrapolam a quantia de 26 bilhões de reais, o que equivale a mais de 12,3 milhões de reais por dia.

---

[6] MINISTÉRIO PÚBLICO DO TRABALHO - MPT. **Observatório Digital de Saúde e Segurança do Trabalho.** Disponível em: <https://observatoriosst.mpt.mp.br/>. Acesso em: 30 de maio de 2018.

Ainda segundo o MPT[8], no mesmo período, de 2012 a maio de 2018, foram perdidos mais de 326.201.745 dias de trabalho decorrentes de afastamentos causados pelos 4.145.379 acidentes de trabalho registrados. Isso significa que, apenas enquanto você lia este capítulo três trabalhadores brasileiros se envolveram em um acidente de trabalho, já que a cada 48 segundos, um acidente de trabalho é registrado no Brasil.

Conforme visto, os acidentes de trabalho são eventos que, embora indesejáveis, ainda são frequentes, especialmente quando se trata do setor industrial. O estudo de normas e tecnologias que visam contingenciar os riscos e exposições dos trabalhadores são de suma importância para que se alcance relações de trabalho mais dignas. Tal assunto merece muita atenção da sociedade seja pelo cunho social, humanitário ou até mesmo pelos gastos e impactos financeiros e ambientais causados. Como se trata de um assunto bem amplo e profundo, este trabalho dedicar-se-á aos riscos envolvidos em instalações e atividades que envolvam eletricidade quando submetidos a áreas classificadas, ou seja, áreas susceptíveis a incêndios e explosões.

---

[7] MINISTÉRIO PÚBLICO DO TRABALHO - MPT. **Observatório Digital de Saúde e Segurança do Trabalho.** Disponível em: <https://observatoriosst.mpt.mp.br/>. Acesso em: 30 de maio de 2018.
[8] MINISTÉRIO PÚBLICO DO TRABALHO - MPT. **Observatório Digital de Saúde e Segurança do Trabalho.** Disponível em: <https://observatoriosst.mpt.mp.br/>. Acesso em: 30 de maio de 2018.

3. FENÔMENOS E CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS – TERMOS E DEFINIÇÕES

Esta seção do trabalho dedicar-se-á à definição e explanação de conceitos básicos, porém fundamentais para o correto entendimento dos fenômenos, da necessidade das normas e o que se busca combater com a aplicação destas. Embora alguns conceitos possam ser muito conhecidos e vastamente utilizados no dia a dia, outros não são tão óbvios e muitos termos e definições são utilizados erroneamente e até confundidos como sendo sinônimos entre si. Cabe aqui ressaltar seu significado tecnicamente correto e apresentar uma correta diferenciação entre conceitos próximos.

3.1 Atmosfera Explosiva De Gás

De acordo com a ABNT uma atmosfera explosiva de gás é uma “mistura com ar, sob condições atmosféricas, de uma substância inflamável na forma de gás ou vapor, na qual, após ignição, permite auto-sustentação de propagação de chama” [9]

Em outras palavras, é uma mistura gasosa com a capacidade de, na presença de calor suficiente para a ignição da chama, se inflamar e manter a chama.

3.2 Áreas Classificadas

Segundo a norma NR-20 do Ministério do Trabalho[10], uma área classificada é uma “área na qual uma atmosfera explosiva está presente ou na qual é provável sua ocorrência a ponto de exigir precauções especiais para construção, instalação e utilização de equipamentos elétricos.”

---

[9] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR IEC 60079-0:** Requisitos Gerais. Disponível em:<http://www.abntcatalogo.com.br/normagrid.aspx>. Acesso em: 06 de junho de 2018.

[10] Ministério do Trabalho. **NORMA REGULAMENTADORA 20:** Segurança e Saúde No Trabalho Com Inflamáveis e Combustíveis. Disponível em: <http://trabalho.gov.br/images/Documentos/SST/NR/NR20.pdf >. Acesso em: 06 de outubro de 2018.

3.3 Reações De Oxirredução (Redox)

As reações de oxirredução, ou oxido-redução ou, simplesmente, reações redox são, a nível molecular, reações químicas que envolvem a transferência de elétrons de um composto para outro. Segundo Peter Atkins[11], ao processo de perda de elétrons, se dá o nome de oxidação e o ganho de elétrons recebe o nome de redução. Então, como não se cria ou destrói elétrons, e sim se transfere de uma molécula a outra, as reações sempre aparecem conjuntamente. Portanto, ainda segundo Atkins[12], sempre que, em uma reação, uma espécie se oxida, a outra tem de se reduzir.

As reações redox são muito comuns e algumas delas são vastamente conhecidas. Essas reações são comumente associadas à oxidação do ferro, o chamado "enferrujamento" do ferro, porém a oxidação do ferro é apenas um de vários exemplos de redox.

Além desta, diversas outras reações se enquadram como reações redox, como, por exemplo, a combustão (queima), a fotossíntese, o metabolismo de alimentos dentro do corpo humano, a extração de metais de seus minérios, dentre vários outros. Este trabalho focará, especialmente, no fenômeno da combustão.

3.3.1 Combustão (Queima)

A combustão é um processo químico (de oxirredução) exotérmico - e, portanto, com uma variação de entalpia negativa ($\Delta H < 0$) - no qual um combustível (material oxidável que fornece energia e alimenta a reação) reage com o oxigênio (normalmente o próprio oxigênio presente no ar atmosférico), também chamado de comburente, gerando como produtos, gases, uma grande quantidade de calor e, normalmente, luz visível. Além destes dois agentes, para ocorrer a combustão é necessária uma quantidade mínima de energia, a esta se dá o nome de energia de ativação. Por fim, para que o processo não se interrompa é necessária a formação

---

[11] ATKINS, Peter; JONES, Loretta. **Princípios de Química:** Questionando a Vida Moderna e o Meio Ambiente**.** Porto Alegre: Bookman, 2011, p F79

[12] ATKINS, Peter; JONES, Loretta. **Princípios de Química:** Questionando a Vida Moderna e o Meio Ambiente**.** Porto Alegre: Bookman, 2011, p F79

de uma reação em cadeia, de modo que estes três elementos continuem sempre presentes.

3.3.1.1 Combustível

O combustível é a substância que se oxida (substância redutora), e é responsável por alimentar a combustão. São os responsáveis também pela quantidade de energia liberada na reação, pois diferentes combustíveis fornecem quantidades de calor diferentes ao serem queimados. A quantidade de energia liberada por mol de produto queimado de alguns combustíveis pode ser vista a seguir no Quadro 1 como variação de entalpia da reação. São alguns exemplos corriqueiros de combustíveis a gasolina, a madeira, o gás de cozinha (GLP), o gás natural, o metanol, o gás hidrogênio, o etanol anidro (álcool etílico) e o diesel.

Quadro 1 - Entalpia de combustão padrão para vários combustíveis comuns.

COMBUSTÍVEL	FÓRMULA MOLECULAR	ΔH° (kJ/mol)
Carbono (carvão)	$C_{(s)}$	- 393,5
Metano (gás natural)	$CH_{4\ (g)}$	- 802
Propano (componente do gás de cozinha)	$C_3H_{8\ (g)}$	- 2.220
Butano (componente do gás de cozinha)	$C_4H_{10\ (g)}$	- 2.878
Octano (componente da gasolina)	$C_8H_{18\ (l)}$	- 5.471
Etino (acetileno, usado em maçarico)	$C_2H_{2\ (g)}$	- 1.300
Etanol (álcool)	$C_2H_5OH_{\ (l)}$	- 1.368
Hidrogênio	$H_{2\ (g)}$	- 286

Fonte: http://www.usp.br/qambiental/combustao_energia.htm

3.3.1.2 Comburente

Comburente é o agente que intensifica a reação e permite a queima do combustível. Como sabe-se que a combustão é uma reação redox e que o combustível se oxida, então o comburente (gás oxigênio) se reduz (substância oxidante), completando a dupla oxidante-redutor.

3.3.1.3 Energia de Ativação

É a energia mínima necessária para dar início a uma reação química que não aconteceria espontaneamente. Neste caso específico, a reação química é a combustão de uma mistura inflamável.

É uma constatação óbvia pensar que apenas a presença do combustível e do comburente não são suficientes para que ocorra a combustão, afinal, em condições naturais, combustível e comburente frequentemente estão presentes juntos. O agente que falta para que a reação seja iniciada é o calor que dá a ignição (é a energia de ativação).

A energia de ativação é, portanto, neste caso, a menor quantidade de calor que deve ser fornecida ao sistema para que ocorra a chama.

3.3.1.4 Reação Em Cadeia

Como a combustão libera grandes quantidades de calor, o próprio calor liberado é suficiente para que a reação continue gerando, assim, mais calor, que enquanto houver combustível e comburente, formam uma reação em cadeia.

3.3.1.5 Triângulo do Fogo

Portanto, foi visto até aqui que para a existência da combustão, se fazem necessários o oxigênio (comburente), o combustível e o calor (energia de ativação). Esses três elementos são imprescindíveis, uma vez que, ao retirarmos qualquer um destes, a reação em cadeia cessa e a chama se apaga. Este conceito é tão

importante que o termo “triângulo do fogo” foi criado para facilitar a compreensão deste fenômeno. O triângulo do fogo é mostrado na figura 3.

Figura 2 - Triângulo do Fogo e Seus Elementos

Fonte: http://www.artsensor.pt/solucoes_incendio-extincao.htm

3.3.2 Interrupção Da Combustão

A combustão apesar de suas incontáveis benesses, traz consigo um perigo enorme quando não é esperada ou quando sai do controle causando uma explosão ou um incêndio por exemplo. Especificamente em áreas classificadas por possuírem um potencial de haver perda de contingência de substâncias inflamáveis e de geração de atmosfera explosiva no local, é natural que se procure um método de evitar que tais acidentes ocorram.

Voltando ao triângulo do fogo, para que uma combustão cesse - ou que nem comece a ocorrer -, basta que se rompa o triângulo do fogo, ou seja, retirar um dos três elementos é bastante para pôr fim no fogo. Como uma área classificada é, por definição, uma região na qual existe a possibilidade de formação de uma atmosfera explosiva, ou seja, uma mistura gasosa de combustível e comburente e como essa característica normalmente é intrínseca e indissociável dos produtos e atividades de determinadas indústrias, o desafio é separar a mistura gasosa de uma possível fonte de ignição.

Para alcançar tal objetivo têm-se as seguintes alternativas: impedir a entrada de oxigênio em locais e equipamentos que trabalham com combustíveis (tubulações, vasos de pressão, tanques, etc.), impedir a entrada de combustível no interior de equipamentos com possíveis fontes de ignição (equipamentos eletroeletrônicos, fontes de calor, etc.), impedir fontes de ignição em ambiente aberto (pois no ambiente aberto o oxigênio já está presente e pode haver presença de combustíveis). Quando não for possível alcançar uma destas formas, medidas alternativas devem ser tomadas a fim de evitar danos maiores, como por exemplo a adoção de um encapsulamento mais robusto que suporte uma explosão interna sem propagá-la.

3.4 Ponto De Fulgor *(Flash Point)*

É a menor temperatura, na qual um líquido libera vapores em quantidades suficientes para gerar uma atmosfera explosiva, que se sujeita à uma fonte de ignição se inflama, porém, a esta temperatura, a chama não se sustenta.

Caso a fonte de ignição seja removida a chama se apaga, ocorre o chamado “flash”, que é quando a nuvem explosiva se inflama e ao consumir o combustível todo a chama se apaga. Este fenômeno dura segundos ou até frações de segundos.

3.4.1 Líquido Combustível

É definido segundo a NR-20 do MTB[13] da seguinte maneira: “Líquidos combustíveis: são líquidos com ponto de fulgor > 60º C e ≤ 93º C”.

3.4.2 Líquidos E Gases Inflamáveis

São, segundo a NR-20 do MTB[14], líquidos que possuem ponto de fulgor ≤ 60º C, e gases que inflamam com o ar a 20º C e a uma pressão padrão de 101,3 kPa.

---

[13] Ministério do Trabalho. **NR-20:** Segurança e Saúde no Trabalho Com Inflamáveis e Combustíveis. Disponível em: < http://trabalho.gov.br/images/Documentos/SST/NR/NR20.pdf>. Acesso em: 15 de junho de 2018.
[14] Ministério do Trabalho. **NR-20:** Segurança e Saúde no Trabalho Com Inflamáveis e Combustíveis. Disponível em: < http://trabalho.gov.br/images/Documentos/SST/NR/NR20.pdf>. Acesso em: 15 de junho de 2018.

3.5 Ponto De Combustão

É a menor temperatura, na qual um material libera vapores em quantidades suficientes para gerar uma atmosfera explosiva, que sujeita à uma fonte de ignição se inflama e além disso, à esta temperatura a chama se sustenta pois a medida que o combustível da nuvem explosiva é consumido, mais combustível é liberado alimentando a chama.

Não deve ser confundido com o ponto de fulgor, pois neste caso mesmo se a fonte de ignição for removida, a chama não irá se apagar. Obviamente a temperatura do ponto de combustão será sempre maior que a do ponto de fulgor.

3.6 Limites De Explosividade (LIE E LSE)

Também conhecido como limites de inflamabilidade, são os limites inferior e superior de concentração do gás combustível na mistura gasosa com o ar, dados em pontos percentuais. O limite inferior de explosividade – LIE (ou inflamabilidade - LII), é a concentração mínima de gás para que haja uma mistura capaz de se inflamar, e o limite superior de explosividade - LSE (ou inflamabilidade - LSI), é a concentração máxima. [15]

Abaixo do LIE a mistura gasosa é muito pobre (há muito oxigênio, mas pouco combustível) e não é capaz de se inflamar, já acima do LSE a mistura é muito rica (muito combustível, mas pouco oxigênio) e, também, não há combustão. Sendo assim, só é possível uma mistura gasosa entrar em combustão em concentrações de gás entre os LIE e LSE e, devido a este motivo, esta faixa entre os limites também é conhecida pelo nome de faixa de ignição.

Esses limites variam de substância para substância (alguns exemplos estão dispostos na tabela 1 a seguir) e servem como referências de segurança para

[15] Companhia Ambiental do Estado de São Paulo - CETESB. **Perigos Associados Às Substâncias Químicas.** Disponível em: < http://emergenciasquimicas.cetesb.sp.gov.br/aspectos-gerais/perigos-associados-as-substancias-quimicas/liquidos-inflamaveis/ >. Acesso em: 14 de junho de 2018.

monitoramento da atmosfera em áreas classificadas. Deve-se tomar cuidado ao analisar esses limites pois devido a repentinas rajadas ou diminuição dos ventos podem levar a mistura de um ponto não explosivo – abaixo do LIE ou acima do LSE – para um ponto onde há potencial explosivo (entre os limites).

Tabela 1 - Limites Inferiores e Superiores de Inflamabilidade Para Alguns Produtos

Exemplos de LII e LSI para alguns produtos		
Produto	LII (% em volume)	LSI (% em volume)
Acetileno	2,5	80,0
Benzeno	1,3	7,9
Etanol	3,3	19,0

Fonte: http://emergenciasquimicas.cetesb.sp.gov.br/aspectos-gerais/perigos-associados-as-substancias-quimicas/liquidos-inflamaveis/

3.7 Ignição

Quimicamente falando, a ignição, nada mais é, do que a combustão em si, o processo de inflamação da substância, a chama. O termo ignição também pode ser entendido como a faísca, a centelha, a chama inicial que dá início à combustão.

3.7.1 Temperatura De Auto-Ignição

A temperatura de auto-ignição, ou ponto de auto-ignição ou, simplesmente, ponto de ignição, é a menor temperatura, a partir da qual, o combustível em contato com o comburente é capaz de entrar em ignição automaticamente, mesmo sem a necessidade de faísca, chama ou outra fonte externa de calor.

3.8 Pressão De Vapor

É a pressão exercida pelo vapor de um liquido para que este esteja em equilíbrio, ou seja, a proporção entre liquido e vapor não se altera. É uma medida que indica a volatilidade de substâncias. Quanto menor a pressão de vapor, menos volátil é o liquido.

3.9 Temperatura Ambiente

A definição de temperatura ambiente segundo a ABNT[16] diz que a temperatura ambiente é a “Temperatura do ar ou outro meio, nas imediações do equipamento ou componente”, ou seja, no meio externo ao equipamento.

3.10 Temperatura De Operação Contínua (COT)

É, segundo a ABNT[17], a “Temperatura máxima que assegura a estabilidade e a integridade do material frente à expectativa de vida do equipamento, ou parte, na utilização prevista”

3.11 Temperatura Máxima De Superfície

Ainda segundo a ABNT[18], é a temperatura máxima de superfície é a “maior temperatura alcançada em serviço, sob as condições mais adversas (mas dentro das tolerâncias especificadas), por qualquer parte ou superfície de um equipamento elétrico, a qual seria capaz de produzir uma ignição da atmosfera explosiva circundante”

3.12 Temperatura De Serviço

A ABNT[19] a define como “a temperatura que o equipamento atinge quando o equipamento opera sob suas condições nominais”.

---

[16] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR IEC 60079-0:** Requisitos Gerais. Disponível em: <http://www.abntcatalogo.com.br/normagrid.aspx>. Acesso em: 06 de junho de 2018.
[17] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR IEC 60079-0:** Requisitos Gerais. Disponível em: <http://www.abntcatalogo.com.br/normagrid.aspx>. Acesso em: 06 de junho de 2018.
[18] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR IEC 60079-0:** Requisitos Gerais. Disponível em: <http://www.abntcatalogo.com.br/normagrid.aspx>. Acesso em: 06 de junho de 2018.
[19] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR IEC 60079-0:** Requisitos Gerais. Disponível em: <http://www.abntcatalogo.com.br/normagrid.aspx>. Acesso em: 06 de junho de 2018.

3.13 Purga

Passagem de ar ou gás em quantidade suficiente para que interior do equipamento ou ambiente tenha seu ar renovado de modo que os gases inflamáveis sejam expulsos garantindo uma hipossuficiência de gás inflamável em seu interior, assegurando a impossibilidade de ignição.

3.14 Pressão Absoluta

Pressão mensurada a partir do zero absoluto de pressão.

3.15 Pressão Manométrica

Pressão existente que ultrapassa a pressão atmosférica. É a pressão diferencial entre a pressão absoluta medida e a pressão atmosférica presente.

3.14 Pressão Positiva

Pressão diferencial com valores maiores que zero, ou seja, uma pressão absoluta maior que a pressão absoluta do ambiente com o qual faz fronteira.

3.15 Ambiente Pressurizado

Ambiente no qual é mantido uma pressão positiva em relação ao ambiente externo.

3.16 Pressurização Estática

Consiste na manutenção de uma sobrepressão dentro de um invólucro pressurizado, onde não há renovação nem fluxo do gás em seu interior, ou seja, não há entrada ou saída de gás. Adquire-se a pressão desejada e em seguida o invólucro é fechado hermeticamente de maneira a não permitir nem entrada nem saída do gás, mantendo-se uma pressão positiva em seu interior.

Muitos fenômenos foram elencados neste tópico com o intuito de garantir um entendimento prévio dos problemas de que tratam as normas relativas à atmosferas explosivas de gás. Esses conceitos serão fundamentais para o entendimento do objetivo das normas, bem como dos métodos e técnicas utilizadas para garantir um ambiente de trabalho minimamente seguro, mesmo quando sujeito às mais severas condições. Além dos conceitos físicos já citados, também serão apresentadas as substâncias presentes na unidade sob estudo. E é justamente esse o assunto do próximo capítulo do presente trabalho.

4. GASES E SUBSTÂNCIAS ESTUDADAS

As normas que tratam dos cuidados especiais em trabalhos com eletricidade em atmosferas potencialmente explosivas, abrangem todo e qualquer tipo de substâncias que possam gerar uma atmosfera explosiva. A preocupação no que tange a segurança é de se evitar possíveis acidentes, independentemente do material utilizado.

Diversas atividades industriais podem gerar condições de risco que venham a criar uma atmosfera explosiva e, portanto, existe a presença de uma área classificada em meio a suas instalações.

Trabalhos na área de petróleo e gás natural, indústria petroquímica, minas de carvão, silos de grãos, dentre outros, são exemplos clássicos de áreas classificadas, mas será que os riscos são os mesmos e as maneiras de combate-los são iguais? A resposta, é claro, é negativa, pois se a natureza físico-química das substâncias envolvidas nos processos são diferentes, o modo de combate aos riscos a ser adotado será, também, diferente.

Algumas substâncias são muito familiares e até utilizadas por todos, como é o caso do carvão, o gás de cozinha (GLP) e a gasolina. De imediato podemos ver uma diferença física entre eles, seu estado da matéria: o carvão é um sólido enquanto o GLP é gasoso em pressão atmosférica e a gasolina é liquida. Como cada substância tem sua particularidade, a forma de tratá-las também será específica.

Este projeto citará as principais substâncias (em termos de produtos mais comuns no meio industrial, seja como insumo ou como produto final do processo), bem como seus equipamentos específicos e métodos, porém sempre manterá o foco no trabalho com hidrocarbonetos derivados de petróleo, resultantes da exploração petrolífera brasileira.

4.1 Gás Natural – GN

O gás natural é um produto formado basicamente por uma cadeia de hidrocarbonetos (compostos químicos constituídos por átomos de carbono e hidrogênio). O componente principal do gás natural é o gás metano (também chamado de CH4 ou C1, pois possui um único átomo de carbono).

Sua composição pode variar um pouco em relação as concentrações de seus componentes, mas é basicamente composta de metano (hidrocarboneto com um átomo de carbono), etano (hidrocarboneto com dois átomos de carbono) e propano (hidrocarboneto com três átomos de carbono). De acordo com a Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis – ANP [20], o gás natural é composto usualmente por mistura de no mínimo 70% de metano (CH4), etano (C2H6) em menor quantidade e por parcelas pequenas de propano (C3H8), inferiores a 2%.

Na Tabela 2 se vê um exemplo prático de composição típica do gás natural comercializado pela Companhia de Gás de Minas Gerais (GASMIG). [21]

Tabela 2 - Composição Típica do Gás Natural

Elemento	Percentual
Metano	88,5%
Etano	6,2%
Propano	2,2%
C4+	0,8%
CO_2	1,8%
N_2	0,5%

Fonte: http://www.gasmig.com.br/GasNatural/Paginas/Composicao.aspx.

[20] Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocumbustíveis - ANP. **Gás Natural.** Disponível em: <http://www.anp.gov.br/gas-natural>. Acesso em: 17 de junho de 2018.
[21] Companhia de Gás de Minas Gerais - GASMIG. **Gás Natural:** Composição. Disponível em: <http://www.gasmig.com.br/GasNatural/Paginas/Composicao.aspx>. Acesso em: 17 de junho de 2018.

4.2 Gás Liquefeito De Petróleo – GLP

O GLP, mais conhecido como gás de cozinha, é composto basicamente de propano/propenos e butanos/butenos embora as proporções dos gases que compõem o GLP possam variar conforme a fonte produtora, alguns aspectos são limitados por regulamentação da ANP (Agência Nacional de Petróleo Gás Natural e Biocombustíveis).

Segundo o manual de informações técnicas do gás liquefeito de petróleo da Petrobras[22], o GLP pode ser definido como sendo "a mistura formada, em sua quase totalidade, por moléculas de carbono e hidrogênio (hidrocarbonetos) de três a quatro átomos de carbono que, embora gasosos nas Condições Normais de Temperatura e Pressão (CNTP), podem ser liquefeitos por resfriamento e/ou compressão".

Ao trabalharmos com esses hidrocarbonetos, mais leves (menores quantidades de carbonos), temos o GLP como produto intermediário entre o gás natural e a chamada gasolina natural. Um dos principais atributos do GLP é justamente sua capacidade de compressão e liquefação: Segundo a Petrobras[23] relação entre o volume do GLP gasoso e líquido é de cerca de 250, ou seja, uma dada quantidade de matéria de GLP liquido ocupa 250 vezes menos espaço que se estivesse em estado gasoso. Outro atributo importantíssimo é a queima limpa, ideal para ambientes internos como as cozinhas.

Por este motivo sua composição deve ser tal que garanta essas propriedades. Ainda segundo o boletim da Petrobras[24], a presença de etano é restrita por dificultar o processo de liquefação e, por outro lado, os hidrocarbonetos com 5 ou mais carbonos são restritos pois dificultam a vaporização e a queima limpa, podendo gerar fuligem.

---

[22] Petróleo Brasileiro S.A. - PETROBRAS **Gás Natural:** Composição. Disponível em: <http://sites.petrobras.com.br/minisite/assistenciatecnica/public/downloads/manual-tecnico-gas-liquefeito-petrobras-assistencia-tecnica-petrobras.pdf>. Acesso em: 11 de junho de 2018.

[23] Petróleo Brasileiro S.A. - PETROBRAS **Gás Natural:** Composição. Disponível em: <http://sites.petrobras.com.br/minisite/assistenciatecnica/public/downloads/manual-tecnico-gas-liquefeito-petrobras-assistencia-tecnica-petrobras.pdf>. Acesso em: 11 de junho de 2018.

[24] Petróleo Brasileiro S.A. - PETROBRAS **Gás Natural:** Composição. Disponível em: <http://sites.petrobras.com.br/minisite/assistenciatecnica/public/downloads/manual-tecnico-gas-liquefeito-petrobras-assistencia-tecnica-petrobras.pdf>. Acesso em: 11 de junho de 2018.

4.3 Gasolina

A ANP[25] define da seguinte maneira: “A gasolina é uma mistura complexa de hidrocarbonetos relativamente voláteis que podem variar de 5 a 12 carbonos. Usualmente, é formada por centenas desses compostos químicos independentemente de sua origem”.

Portanto conforme visto anteriormente, o gás natural é composto por hidrocarbonetos mais leves (com 1 ou 2 átomos de carbono) o GLP é o produto intermediário (com 3 ou 4 átomos de carbono) que deve evitar ao máximo a presença de C2 e C5 para garantir suas características e, por fim, a gasolina é composta por hidrocarbonetos mais pesados (5 a 12 átomos de carbono)

4.4 Gás Natural Não Processado (Bruto)

O gás natural não processado, é o gás proveniente das plataformas de exploração *off-shore* (campos localizados no mar, fora de terra firme) e de poços em campos de exploração *on-shore* (campos terrestres, em terra firme), é o gás bruto. Pode ser classificado como gás associado ou gás não associado, termos que se referem à sua forma quando no reservatório. O gás associado é aquele que, no reservatório, encontra-se diluído no petróleo e o não associado é aquele que se encontra separado do petróleo no reservatório.

Unidades de exploração *on-shore* e *off-shore* extraem petróleo e gás natural dos reservatórios através dos poços de produção e a parcela gasosa extraída é enviada como insumo para a planta industrial em estudo, que trata (processa) esse gás bruto num processo de separação de seus subprodutos. O gás bruto é processado e suas frações (produtos) separadas são vendidas como outros produtos, de maior valor agregado.

---

[25] Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocumbustíveis - ANP . **Informações Sobre A Gasolina Vendida No Brasil.** Disponível em: <http://www.anp.gov.br/images/Notas_Tecnicas/Nota-Tecnica_Gasolina-Formulada_2018fev.pdf>. Acesso em: 17 de junho de 2018.

Como o gás presente nos reservatórios é o resultado de uma formação natural, num processo de milhões de anos e devido à forma como o petróleo e o gás são gerados, cada reservatório possui um produto de composição única, com suas proporções de elementos e contaminantes, mas sua composição básica é aquela citada anteriormente para o gás natural.

Viu-se que, no posto de trabalho sob análise, a presença de gases e outras substâncias inflamáveis fazem parte do processo produtivo e, portanto, não podem ser eliminadas. Deste modo estão então presentes o oxigênio em contato com produtos inflamáveis, bastando uma fonte de calor para que o triângulo do fogo esteja completo. Sendo assim deve-se conhecer muito bem os equipamentos da unidade para que as medidas de controle sejam tomadas para que a combustão não ocorra.

Neste ensejo, insere-se a próxima seção desta pesquisa, que versa sobre o que são as possíveis fontes de ignição presentes nas diversas atividades dos mais diversos setores.

5. FONTES DE IGNIÇÃO

5.1 Serviços Realizados Em Área Classificada

Em uma área operacional diversos serviços são realizados conforme a necessidade de cada caso e em muitas vezes tais serviços, quando ocorrem em áreas classificadas, podem liberar energia suficiente, na forma de calor, (chama, centelha, arco elétrico) capazes de ignitar uma possível atmosfera explosiva.

Como em muitas das vezes não podemos eliminar o agente do risco, e serviços em instalações elétricas corriqueiramente são fontes de ignição, medidas especiais devem ser adotadas ao se trabalhar nesses ambientes.

O Ministério do Trabalho[26] rege em sua norma regulamentadora NR-10, por exemplo, que, quando não for possível a supressão do agente de risco que determina a classificação da área, todos os serviços realizados em instalações elétricas no interior de áreas classificadas somente poderão ser realizados mediante permissão para trabalho formal.

Como, apesar de todas as medidas tomadas até aqui, têm-se, ainda, no mesmo ambiente: um serviço capaz de fornecer calor suficiente, oxigênio e a possibilidade de um vazamento de um combustível.

Uma vez que o triângulo do fogo se mostrou completo e sabendo que, neste caso, o calor e o oxigênio não podem ser suprimidos bem como, em uma área classificada, é intrínseca a presença ou ao menos o risco da presença de gases e vapores inflamáveis, alguma medida extra deve ser tomada para a garantia da segurança.

Pois bem, ao analisar com mais cuidado a situação, percebe-se, rapidamente, que o oxigênio e a fonte de calor são ocorrências certas, já estão presentes, enquanto a existência do combustível é apenas uma possibilidade, pode estar presente ou não.

---

[26] Ministério do Trabalho. **NORMA REGULAMENTADORA 10:** Segurança em Instalações e Serviços Com Eletricidade. Disponível em: <http://trabalho.gov.br/images/Documentos/SST/NR/NR10.pdf >. Acesso em: 22 de junho de 2018.

O combustível ainda não vazou e talvez não vaze, mas existe um risco que este vazamento possa ocorrer, evento indesejável e que pode ocorrer a qualquer momento.

Neste cenário, se faz necessário realizar constantemente uma análise do ar atmosférico para que se detecte um possível vazamento de combustível. Essa medição é feita através de medidores de gás, ou explosímetros, que são analisadores eletrônicos capazes de medir a concentração de determinados gases antes mesmo que esta concentração atinja a faixa de ignição, ou seja, possui precisão tal que a presença do gás é detectada mesmo quando esta concentração não é suficiente para a ocorrência da combustão (por estar abaixo do limite inferior de explosividade).

Essa característica se mostra muito importante, pois pode-se, por exemplo, interromper os serviços a quente (serviços com potencial de geração de calor para ignição) e/ou evacuar o local do serviço, evitando um possível *flash* (uma rápida combustão que consome todo o combustível e se apaga rapidamente) ou ao menos, retirando as pessoas antes do momento do *flash*.

5.1.1 Serviços E Operações A Quente Sem Eletricidade

Serviços a quente são definidos como serviços que possam fornecer energia suficiente para ignição. O Ministério do Trabalho[27], por exemplo, o define no escopo de sua Norma Regulamentadora de número 34 como “as atividades de soldagem, goivagem, esmerilhamento, corte ou outras que possam gerar fontes de ignição tais como aquecimento, centelha ou chama”.

5.1.1.1 Faíscas

As faíscas mecânicas acontecem quando dois materiais (normalmente metálicos) são submetidos à um contato tão vigoroso que o atrito entre as superfícies é tanto e

[27] Ministério do Trabalho. **NORMA REGULAMENTADORA 34:** Condições e Meio Ambiente de Trabalho Na Indústria da Construção, Reparação e Desmonte Naval. Disponível em: <http://trabalho.gov.br/images/Documentos/SST/NR/NR-34.pdf >. Acesso em: 13 de julho de 2018.

a energia gerada é tão alta que partes do material são desprendidas e atingem temperaturas altíssimas, a ponto de se tornarem incandescentes (essas partes desprendidas).

As faíscas mecânicas ocorrem em diversas atividades dentro de um ambiente industrial e podem ser fruto de uma operação anormal de um equipamento ou operação como, por exemplo, um toque não intencional de partes móveis ou até a queda de algum material, mas também podem ser resultado esperado de uma atividade deliberada, uma espécie de “efeito colateral” de determinadas atividades necessárias. Essas atividades que geram faíscas são várias e incluem a atividade de cortes com disco, esmerilhamento, uso de furadeiras, lixadeiras, agulheiros, marretas dentre outros.

Por outro lado, também temos as centelhas que nada mais são do que uma descarga elétrica através do ar, tal como se vê na natureza no fenômeno da ocorrência das chamadas descargas atmosféricas (os relâmpagos). O ar atmosférico normalmente se comporta como um isolante elétrico, porém em condições específicas esse mesmo ar pode ser tornar um meio condutor de eletricidade, é nesse momento que as centelhas acontecem.

Quando dois condutores são sujeitos à uma distância muito pequena ou por algum motivo qualquer ocorre a ionização do ar, os elétrons são capazes de atravessar a faixa de ar (o ar conduz, então, corrente elétrica) indo de um condutor a outro.

Assim como acontece com as faíscas mecânicas, as elétricas podem acontecer durante um descontrole do processo ou sistema (como um curto-circuito que pode ser gerado, por exemplo, pelo desprendimento de cabos, falha mecânica ou humana, em decorrência de animais nos equipamentos elétricos, etc.), bem como ocorre em operações normais de equipamentos elétricos como interruptores, disjuntores, relés, contatores, dentre outros.

Em ambos os casos (elétrica e mecânica) as faíscas são sempre indesejadas – embora esperadas e inevitáveis – e são conhecidamente potenciais agentes de ignição e, portanto, devem ser observadas com atenção e tomadas as devidas

medidas para que se evite a geração das mesmas onde couber, bem como a sua contenção quando sua presença não puder ser afastada.

Para evitar ou diminuir a ocorrência de faíscas podem ser adotadas medidas específicas como a adoção de matérias não centelhantes como o uso materiais plásticos ou mesmo do bronze em marretas, o uso do berílio em agulheiros, o uso de equipamentos elétricos que operem em tensões e correntes inferiores, emendas e conexões mais eficazes, dentre outros.

5.1.1.2 Chama Aberta

Segundo a definição do próprio Ministério do Trabalho[28], em sua norma regulamentadora de número 33, chama aberta é uma “mistura de gases incandescentes emitindo energia, que é também denominada chama ou fogo”.

5.1.1.3 Superfícies Quentes

Devido à complexidade e apesar da variedade de processos industriais, o calor é muitas vezes demandado como parte do processo ou até mesmo como resultado não desejado (mas inevitável).

No ambiente industrial, em determinadas situações, valores altíssimos de temperatura são alcançados. Esses valores além de gerarem um risco de queimadura, seja por condução, irradiação ou convecção, quando inseridos em áreas classificadas, podem fornecer calor suficiente para atingir a temperatura de autoignição dos produtos inflamáveis circundantes culminando em uma explosão.

Para evitar que superfícies quentes sejam fontes de ignição, deve-se atentar aos valores de temperatura dos pontos mais quentes da unidade e às temperaturas de autoignição dos agentes combustíveis de cada unidade. Superfícies quentes devem sempre ser isoladas para evitar queimaduras e, em atmosferas explosivas, caso

---

[28] Ministério do Trabalho. **NORMA REGULAMENTADORA 33:** Segurança e Saúde Nos Trabalhos Em Espaços Confinados. Disponível em: <http://trabalho.gov.br/images/Documentos/SST/NR/NR33.pdf >. Acesso em: 13 de julho de 2018.

tenham potencial de ignição, deve-se garantir que a temperatura e o combustível não se comuniquem (através de invólucros pressurizados, resfriamento do ponto quente, selagem, dentre outros métodos).

5.1.2 Serviços E Operações Com Eletricidade

Com o advento da eletrônica e automação, é do conhecimento de todos que, cada vez mais, operações industriais dependem de dispositivos eletroeletrônicos seja na manutenção e operação de equipamentos e até mesmo como parte integrante do processo.

Dentro de uma planta industrial a eletricidade pode ser vista por todos os lados, desde a própria instalação elétrica, lâmpadas, painéis, motores elétricos, instrumentos, computadores e além dos casos mais óbvios, também pode estar presente como eletricidade estática na movimentação de fluidos no interior de vasos e tubulações e, até mesmo, na incidência de descargas atmosféricas (raios) que não podem ser previstas com exatidão – mas devem ser considerados e a instalação protegida contra os raios- .

Conforme visto, todo serviço que envolve eletricidade tem potencial para gerar centelhas seja em operação normal ou anormal e é, portanto, considerado um trabalho a quente, quando realizado no interior de uma área classificada e todos os cuidados necessários devem ser tomados.

Como dispositivos eletrônicos são cada vez menores e mais utilizados fora e dentro do ambiente industrial, uma solução fácil para esses dispositivos é, por exemplo, lacrá-los de forma a impedir a entrada de gás, isolando assim o combustível da fonte de calor.

Para outros equipamentos a solução não é tão simples – e nem tão barata - quanto a anterior, e algumas situações de risco não são tão óbvias. A eletricidade estática, por exemplo, embora possa passar despercebida em alguns momentos, não deve ser subestimada e muito menos ignorada.

Aqui encontra-se o foco deste trabalho: enumerar e tratar das medidas que devem ser adotadas quanto ao uso seguro de equipamentos elétricos no interior de áreas classificadas. A norma técnica que trata deste assunto no Brasil é a NBR IEC 60079 que estabelece uma série de cuidados, critérios e normas visando isolar os agentes do triângulo do fogo evitando, assim, a ocorrência da combustão e trazendo segurança para as pessoas e instalações. A seguir tratar-se-á de conceitos, normas e opções disponíveis no mercado para solucionar o desafio enunciado.

6. ÁREAS CLASSIFICADAS – ÁREAS E ZONAS

Nas áreas classificadas, por definição, existe um risco de formação de atmosfera explosiva, mas esse risco nem sempre é o mesmo em todos os casos. A probabilidade de formação inesperada de uma atmosfera explosiva irá variar caso a caso de acordo com o processo e os tipos de equipamentos nele envolvidos.

Além das diferentes probabilidades de ocorrência de formação de atmosferas explosivas, outro fator importante a ser observado consiste na duração desta atmosfera, uma vez que ela aparece.

Por último, mas não menos importante, deve-se avaliar a frequência de aparecimento dessa atmosfera explosiva. Esta frequência não deve ser confundida com a probabilidade de ocorrência citada anteriormente, pois enquanto a primeira se preocupa com perdas de contenção (por exemplo um vazamento inesperado), a segunda trata de eventos necessários, previstos e realizados intencionalmente, como uma drenagem rotineira ou uma amostragem do produto por exemplo.

Como os riscos e as origens das áreas classificadas são distintas, é possível realizar um tratamento com rigor condizente com cada situação: em casos mais severos, adotam-se medidas severas, enquanto em casos mais brandos medidas menos exigentes podem ser aceitadas.

Pensando nisso as áreas classificadas geradas por gases, vapores e névoas (escopo deste trabalho), são divididas em três zonas, que levam em conta, justamente, a análise da combinação dos três fatores acima mencionados. Demais casos existem, como no caso poeiras inflamáveis (como em minas de carvão). As zonas são definidas e ilustradas a seguir.

6.1 Zonas

Portanto, as áreas classificadas são divididas, segundo a ABNT, em:

- Zona 0: “área na qual uma atmosfera explosiva de gás consiste em uma mistura com ar e substâncias inflamáveis em forma de gás, vapor ou névoa **continuamente presente** ou por **longos períodos** ou **frequentemente**”.[29] (grifo nosso)

- Zona 1: “área na qual uma atmosfera explosiva de gás consiste em uma mistura com ar e substâncias inflamáveis em forma de gás, vapor ou névoa, que **pode ocorrer ocasionalmente** em condições normais de operação”. [30] (grifo nosso)

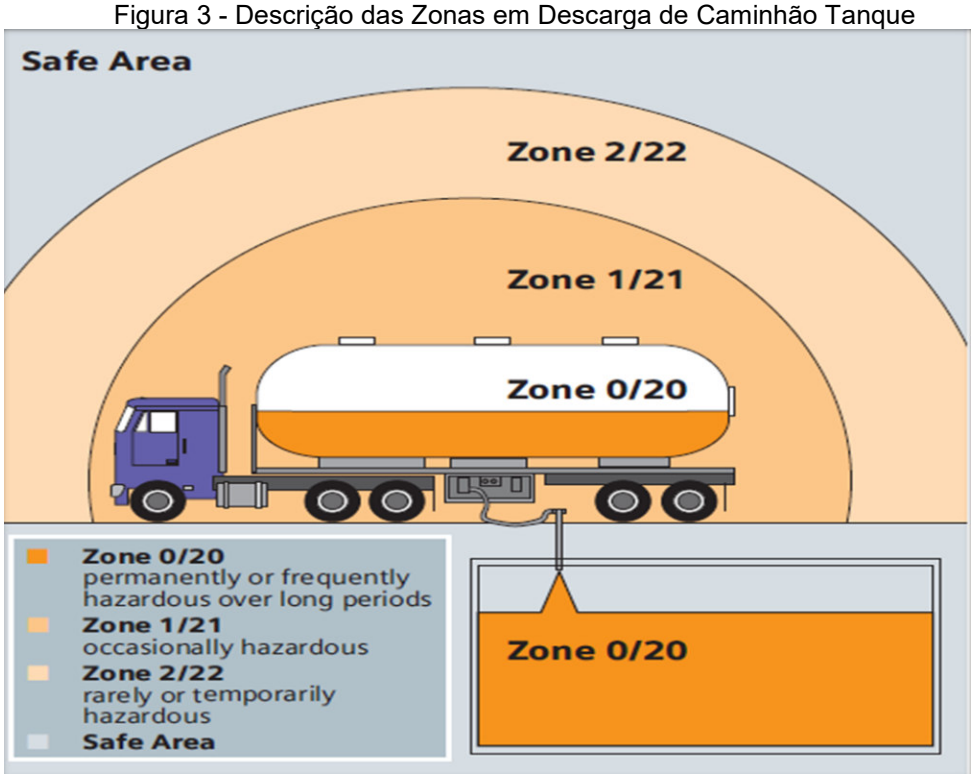
- Zona 2: “área na qual uma atmosfera explosiva de gás consiste em uma mistura com ar e substâncias inflamáveis em forma de gás, vapor ou névoa, que **não é prevista ocorrer** em condições normais de operação, mas, se ocorrer, irá persistir somente por um **curto período**”. [31] (grifo nosso)

Para uma melhor compreensão dos conceitos, as zonas 0, 1 e 2 são ilustradas na figura 3 que representa o descarregamento de um caminhão tanque contendo combustível líquido, tal como acontece em postos de combustíveis.

---

[29] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR IEC 60079-10:** Classificação de Áreas. Disponível em: <http://www.abntcatalogo.com.br/normagrid.aspx>. Acesso em: 06 de junho de 2018.
[30] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR IEC 60079-10:** Classificação de Áreas. Disponível em: <http://www.abntcatalogo.com.br/normagrid.aspx>. Acesso em: 06 de junho de 2018.
[31] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR IEC 60079-10:** Classificação de Áreas. Disponível em: <http://www.abntcatalogo.com.br/normagrid.aspx>. Acesso em: 06 de junho de 2018.

Figura 3 - Descrição das Zonas em Descarga de Caminhão Tanque



Fonte: https://www.alpha-ex.com.br/images/legislacao/informativotecnico.pdf

Embora a norma utilize a palavra “área” e a representação normalmente seja uma planta baixa (bidimensional), cabe destacar que está “área” possui conotação de região, local, área classificada, etc. e, portanto, trata-se de um volume no espaço tridimensional.

A norma prevê ainda que esta simbologia utilizada na figura anterior (do tanque) deve ser utilizada preferencialmente para a representação das respectivas zonas.

A distância que compreende a região que vai desde a fonte de risco e se estende em todas as direções até o ponto onde não haja mais uma mistura explosiva, ou seja, pontos nos quais a concentração do gás está abaixo do LIE, é chamada de extensão da zona. [32]

A extensão da zona é ilustrada na figura 4 a seguir como os valores de “a”, “b” e “c” e depende de fatores específicos de cada instalação - ora, afinal um reservatório de volume muito grande (por possuir muito produto) possui um potencial de risco muito

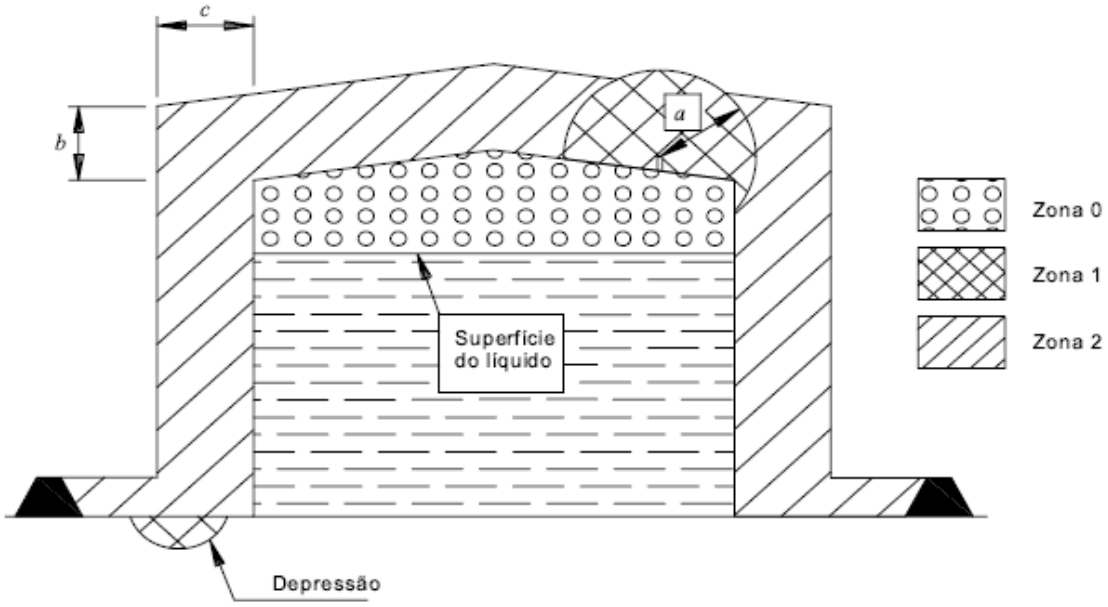
[32] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR IEC 60079-10:** Classificação de Áreas. Disponível em: <http://www.abntcatalogo.com.br/normagrid.aspx>. Acesso em: 06 de junho de 2018.

maior do que um reservatório menor, bem como um vaso submetido à pressões muito altas possui maior quantidade de material do que o mesmo vaso sob uma pressão menor, sendo assim necessário adotar uma maior extensão de zona pois um eventual vazamento alcançará distâncias maiores - e seus valores deverão ser dimensionados com base no caso concreto sob avaliação, não cabendo à norma estabelecer um valor único para todos os casos.

Neste exemplo específico, os valores tipicamente adotados para a, b e c são:

a = 3 m do respiro do tanque;
b = 3 m do teto do tanque;
c = 3 m da parede do tanque.

Figura 4 – Extensão da Zona em Tanque de Teto Fixo Com Produto Inflamável



Fonte: ABNT NBR IEC 6079-10

Toda área classificada deve dispor de placas de sinalização com o símbolo padronizado de um triângulo amarelo com as letras “Ex” em seu interior com o intuito de chamar a atenção de todos para os riscos de explosão e todos que adentrem a área devem estar cientes dos riscos e cuidados a serem tomados neste ambiente, como por exemplo o uso de equipamentos Ex ou detectores de gás. Exemplos práticos são expostos na figura 5.

Figura 5 – Exemplos de Placas de Sinalização de Áreas Classificadas

Fonte: http://cobei-sc-31-atmosferas-explosivas.blogspot.com/2012/11/sinalizacao-de-seguranca-de-areas.html

6.2 Fonte E Grau De Risco

A norma[33], determina ainda as fontes e graus de risco. A chamada "fonte de risco" nada mais é que o ponto físico de onde podem emanar os gases, vapores ou névoas que formarão a atmosfera explosiva. Em outras palavras a fonte de risco é o local físico, o ponto específico de onde estão presentes (ou onde vazariam) os combustíveis.

É importantíssimo, para uma boa avaliação e classificação dos riscos, olhar para a taxa de liberação, que, conforme define a norma[34], nada mais é do que a quantidade de combustível emanada pela fonte de risco por unidade de tempo. É a intensidade de emanação do fluido, a quantidade de combustível liberado.

Já no que se refere aos graus de riscos, estes equivalem a gravidade daquela fonte de risco no que tange a sua previsibilidade, frequência e duração. Existem três graus de risco expressos pela ABNT IEC, quais sejam: grau contínuo, primário e

[33] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR IEC 60079-10:** Classificação de Áreas. Disponível em: <http://www.abntcatalogo.com.br/normagrid.aspx>. Acesso em: 06 de junho de 2018.
[34] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR IEC 60079-10:** Classificação de Áreas. Disponível em: <http://www.abntcatalogo.com.br/normagrid.aspx>. Acesso em: 06 de junho de 2018.

secundário, onde o contínuo é o com maior probabilidade e o secundário com menor probabilidade. [35]

Por definição a fonte de risco de grau contínuo é, como o nome já diz, uma liberação (de gases, vapores ou névoas) contínua ou frequente ou por um longo período. Já a fonte de risco de grau primário é a liberação que se espera que seja periódica ou ocasional. E, por fim, a fonte de risco de grau secundário é aquela que não se espera que ocorra normalmente, mas que em caso de falhas pode ocorrer raramente e quando ocorrer, caso venha a ocorrer seja de curta duração.

Nota-se, após essa divisão em zonas e em graus de risco, que uma vez que se têm situações diferentes, com diferentes substâncias, os riscos, obviamente, também não serão os mesmos e, consequentemente, as tratativas adotadas para suprimi-los também serão diferentes, umas mais complexas e outras menos, mas em uma coisa elas convergem: em todas as situações essas medidas devem ser eficazes para a garantia da segurança do trabalhador.

[35] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR IEC 60079-10:** Classificação de Áreas. Disponível em: <http://www.abntcatalogo.com.br/normagrid.aspx>. Acesso em: 06 de junho de 2018.

7. CONSTRUÇÃO DE EQUIPAMENTOS PROTEGIDOS

A fim de atuarem em ambientes hostis e perigosos, os dispositivos são protegidos, já em sua etapa construtiva, de eventuais intempéries e da entrada de substâncias que poderiam tanto prejudicar seu funcionamento interno e integridade, como em situações nas quais o seu funcionamento normal possa colocar em risco o ambiente externo e toda a instalação e força de trabalho atuante em seu entorno. A forma mais simples e intuitiva de proteger o equipamento e sua eletrônica interna, seria mantendo-o isolado do ambiente exterior por meio de um invólucro “lacrado” sem comunicação (aberturas) com o exterior.

Apesar de haver inúmeros casos que podem ser resolvidos aplicando-se essa ideia de invólucro fechado, existem outros casos onde esta selagem é inviável ou mesmo onde a comunicação com o meio externo se faz necessária.

Desse primeiro caso apresentado, resultam alguns questionamentos inevitáveis: como classificar e garantir até onde vai a eficácia deste “selo” hermético? Como saber de quais substâncias inflamáveis esse equipamento está, de fato, protegido? Quais condições são necessárias para se garantir um fiel funcionamento do invólucro?

Visando responder essas questões e a fim de padronizar os equipamentos e testes de certificação para dar uma garantia aos usuários e fornecedores, foram criadas classificações que levam em conta o nível de proteção apresentado por um determinado equipamento, assim como o grau de proteção que ele pode oferecer, levando em consideração a substância da qual ele garante proteção e o grau de severidade dessa exposição à dada substância.

7.1 Nível De Proteção De Equipamento (EPL)

O nível de proteção do equipamento (*Equipment Protection Level – EPL)* é uma classificação da confiabilidade e robustez do equipamento, mensura sua capacidade de resistir (e se manter protegido) a falhas.

A ABNT IEC[36] estabelece 3 grupos de acordo com sua utilização, são eles os equipamentos tipo M (*Minning*), usados basicamente em minas (presença de metano ou grisu), tipo G (*Gas*), usados em instalações que contenham gases inflamáveis e tipo D (*Dust*) para equipamentos sujeitos a poeiras combustíveis.

Dentro dessa subdivisão de grupos (relativos à substância) existem classificações quanto a sua segurança, sendo “a” para o maior nível de proteção, uma proteção “muito alta” pode-se definir também como um equipamento seguro em condições de operação normal, em falhas comuns e em falhas raras. O tipo “b” é um nível de proteção intermediário ou nível de proteção “alto”, é o equipamento seguro em condições normais de operação e em falhas comuns, sua segurança não é sempre garantida em falhas raras. Finalmente, o tipo “c”, o mais baixo nível de proteção chamado de “elevado” ou “moderado”. Este último garante operação segura quando em condições normais, em casos de falhas este deve ser mantido desenergizado por não garantir segurança nessas situações.

A codificação é feita usando a letra que indica a substância em maiúscula e a que indica a confiabilidade em minúscula, por exemplo um equipamento com proteção muito alta (“a”) para uso com gases (“G”) será um equipamento com EPL Ga. O quadro 2 traz um resumo do que foi mostrado nesta seção.

[36] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR IEC 60079-26:** Equipamento Com Nível de Proteção de Equipamento (EPL) Ga. Disponível em: <http://www.abntcatalogo.com.br/normagrid.aspx>. Acesso em: 06 de junho de 2018.

Quadro 2 - Relação Entre os Níveis de Proteção, Grupos e Zonas

Proteção fornecida	EPL	Grupo	Condições de operação
Muito alta	Ma	Grupo I	Equipamento utilizado em atmosfera explosiva
	Ga	Grupo II	Utilizado nas Zonas 0, 1 e 2
	Da	Grupo III	Utilizado nas Zonas 20, 21 e 22
Alta	Mb	Grupo I	Equipamento desenergizado em atmosfera explosiva
	Gb	Grupo II	Utilizado nas Zonas 0, 1 e 2
	Db	Grupo III	Utilizado nas Zonas 20, 21 e 22
Moderada	Gc	Grupo II	Utilizado nas Zonas 2
	Dc	Grupo III	Utilizado nas Zonas 22

Fonte: https://pt.slideshare.net/Tomarevski/nutsteel-guia-ex

7.2 Grau De Proteção (IP)

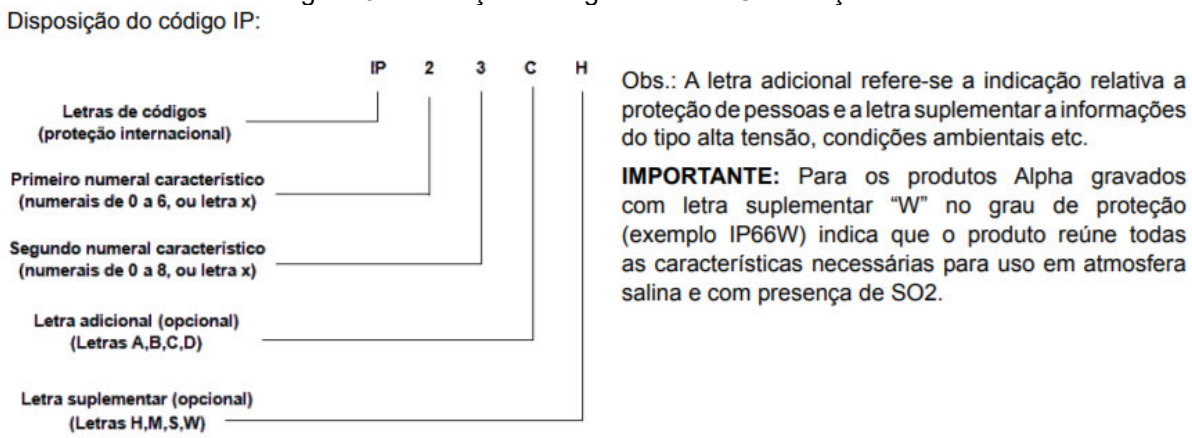
A ABNT[37] traz em sua norma NBR de número 60529 as diretrizes necessárias para construção e testes (para certificação) de equipamentos protegidos com invólucros fechados. Este tipo de proteção se aplica apenas à dispositivos que operam com tensões nominais menores ou iguais a 72,5kV.

Esse tipo de proteção visa, além de proteger o acesso das pessoas às partes internas, proteger as partes internas da penetração de substâncias estranhas, tais como sólidos e água (umidade). Note que esta proteção nada tem a ver com o equipamento elétrico em si, mas com o invólucro que o contém (inclusive pode-se certificar um invólucro vazio).

[37] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR IEC 60529:** Graus de proteção para invólucros de equipamentos elétricos (código IP). Disponível em:<http://www.abntcatalogo.com.br>. Acesso em: 29 de setembro de 2018.

Ao grau de proteção desta natureza é dado um chamado “código IP” que indica sua proteção conforme mostram a Figura 6 e o Quadro 3.

Figura 6 - Ilustração do Significado da Codificação IP



Fonte: https://www.alpha-ex.com.br/images/legislacao/informativotecnico.pdf

O primeiro numeral característico indica o grau de proteção contra o ingresso de objetos sólidos bem como a proteção do acesso de pessoas à partes energizadas.

Quadro 3 - Proteção Indicada Pelo Primeiro Numeral Característico do Código IP

Primeiro numeral (proteção contra partes perigosas e penetração de sólidos)		
Digito	Grau de proteção	
	Descrição sucinta	Definição
0	Não protegido	Sem proteção
1	Protegido contra objetos sólidos ≥ Ø 50mm	Protegido contra o acesso do dorço da mão e o calibrador de Ø 50mm não deve penetrar totalmente.
2	Protegido contra objetos sólidos de Ø 12,5mm	Dedos ou objetos similiares de Ø 12,5mm e comprimento de 80mm não deve penetrar totalmente.
3	Protegido contra objetos sólidos ≥ que Ø 2,5mm	Ferramentas com Ø 2,5mm não deve penetrar.
4	Protegido contra objetos sólidos ≥ Ø 1,0mm	Fio de Ø 1,0mm não deve penetrar.
5	Protegido contra poeira	A penetração de pó não deve ser em quantidade suficiente que prejudique a operação ou segurança do equipamento.
6	Totalmente protegido contra poeira	Não ocorre nenhuma penetração de poeira.

Fonte: https://www.alpha-ex.com.br/images/legislacao/informativotecnico.pdf

Cabe aqui salientar que, neste caso, um grau de proteção superior implica na proteção de um numeral inferior. Por exemplo um primeiro numeral igual a 4, também engloba os numerais 1, 2 e 3. Isso fica nítido ao avaliar a figura 11, ora se o invólucro protege da entrada de um sólido de um dado diâmetro, obviamente protegerá a entrada de sólidos de diâmetros maiores.

Por outro lado, o segundo numeral característico tem por finalidade indica a proteção do invólucro contra a entrada de água em seu interior. No Quadro 4 a seguir é possível observar com mais clareza o significado do segundo numeral característico.

Quadro 4 - Proteção Indicada Pelo Segundo Numeral Característico do Código IP

Segundo numeral (proteção contra a penetração de água)		
Digito	Grau de proteção	
	Descrição sucinta	Definição
0	Não protegido	Sem proteção
1	Protegido contra quedas verticais de gotas d'agua.	Gotas caindo verticalmente não causam efeitos prejudiciais.
2	Protegido contra quedas verticais de gotas d'agua quando o invólucro é inclinado de até 15°	Gotas caindo verticalmente não causam efeitos prejudiciais quando o invólucro é inclinado em 15° de cada lado com a vertical.
3	Protegido contra água aspergida	Água aspergida no invólucro num ângulo de até 60° da vertical não deve causar efeitos prejudiciais.
4	Protegido contra projeções de água	Água esguinchada em todas as direções contra o invólucro, não deve provocar efeitos prejudiciaias.
5	Protegido contra jatos de água	Água projetada em forma de jatos, em todas as direções contra o invólucro, não deve provocar efeitos prejudiciais.
6	Protegido contra jatos potentes de água	Água projetada em forma de jatos potentes, em todas as direções contra o invólucro, não deve provocar efeitos prejudiciais.
7	Protegido contra imersão temporária em água	A penetração de água devido a imersão sob condições de pressão e tempo, não deve ser em quantidade suficiente que provoque efeitos prejudiciais.
8	Protegido contra imersão contínua em água	O equipamento é adequado para imersão contínua em água, nas condições previamente acordadas entre fabricante e usuário.

Fonte: https://www.alpha-ex.com.br/images/legislacao/informativotecnico.pdf

Perceba que o numeral zero tanto no primeiro como no segundo caso indicam que o equipamento não está protegido, ou seja, tem-se uma indicação de “não proteção”, ou ainda: afirma-se que o equipamento não é protegido. Tal assertiva não deve ser confundida com uma ausência de indicação, onde o equipamento pode ser protegido, porém não há ensaios que mensurem e comprovem sua proteção.

Em alguns casos não interessa saber se há ou não proteção para um dos casos (importando apenas o outro), por exemplo: celulares modernos estão sendo comercializados com certificado de proteção IP, mas não se faz necessário saber de sua proteção contra poeiras e partículas sólidas, sendo realizados testes e certificação apenas para imersão em água.

Note que neste caso elencado acima, não se trata de uma “reprovação” no teste contra partículas sólidas, o que ocorre é que nenhum teste foi realizado pois não interessa ao usuário. Nesses casos, é inserida a letra “X” no lugar do numeral para indicar que esta não foi ensaiado no caso específico. Assim um celular com

certificação IPX7, significa que ele nem sequer foi testado quanto a capacidade de isolar sólidos (primeiro numeral é indicado por um X), mas possui certificação para imersão em até 1m de água por até 30min (segundo numeral é o 7).

A letra adicional é opcional e indica a proteção contra acesso à partes energizadas (maiores que o indicado pelo primeiro numeral). E, por fim, a letra suplementar indica informações complementares do produto. O código de letras é resumido no Quadro 5.

Quadro 5 - Letras e Suas Representações na Codificação IP (Item Opcional)

CÓDIGO DE LETRAS	IP	PROTEÇÃO DO EQUIPAMENTO	PROTEÇÃO DAS PESSOAS CONTRA ACESSO COM
LETRA ADICIONAL (OPCIONAL)	A	-	DORSO DA MÃO
	B	-	DEDO
	C	-	FERRAMENTA
	D	-	FIO
LETRA SUPLEMENTAR (OPCIONAL)	H	ALTA TENSÃO	-
	M	EM MOVIMENTO DURANTE ENSAIO COM ÁGUA	-
	S	EM REPOUSO DURANTE ENSAIO COM ÁGUA	-
	W	CONDIÇÕES CLIMÁTICAS	-

Fonte: Imagem refeita pelo próprio autor com base na NBR IEC 60529.[38]

Como falado anteriormente, diferentes situações demandam diferentes soluções. Assim, de um lado, equipamentos submetidos à substâncias e condições mais perigosa e severas precisarão possuir um maior grau de confiabilidade e um maior nível de proteção. Por outro lado, equipamentos submetidos a condições mais amenas não carecem de tamanha proteção evitando-se, assim, custos desnecessários.

[38] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR IEC 60529:** Graus de proteção para invólucros de equipamentos elétricos (código IP). Disponível em:<http://www.abntcatalogo.com.br>. Acesso em: 29 de setembro de 2018.

8. EQUIPAMENTOS EX E TIPOS DE PROTEÇÃO DISPONÍVEIS

A fim de se evitar uma possível ignição de uma nuvem explosiva, todo e qualquer equipamento capaz de fornecer a energia de ativação necessária (equipamento ou serviço a quente), que esteja presente num ambiente de área classificada deve ser, quando possível, um equipamento com características especiais tais que impeçam a ignição de uma eventual atmosfera explosiva.

Os equipamentos dotados desses cuidados que garantem a não liberação de faísca, calor ou qualquer outra fonte de ignição ao meio externo, são chamados de equipamentos com proteção Ex e são regidos pela coletânea de normas NBR-60079. Todo equipamento Ex deve conter, em seu corpo, o símbolo “Ex” mostrado na Figura 7.

Figura 2 - Símbolo de Característica “EX” de Equipamentos

Fonte: http://cobei-sc-31-atmosferas-explosivas.blogspot.com/ 2012/11/sinalizacao-de-seguranca-de-areas.html

Existem vários tipos diferentes de proteção Ex. Eles variam em princípio de funcionamento, materiais e métodos construtivos, dentre outros, mas o que todos têm em comum é o fato de que todos eles garantem um uso seguro em atmosferas explosivas, não oferecendo risco de ignição quando em condições específicas.

Como os equipamentos Ex devem ser incapazes de inflamar uma atmosfera explosiva circundante, isso implica, diretamente, que sua temperatura externa máxima deve ser limitada a um valor seguro, sempre abaixo do valor de ignição da substância inflamável a qual será submetido. Sendo assim, surge um primeiro critério a ser observado por todos os dispositivos Ex, independentemente de sua classificação, a máxima temperatura de superfície bem como as classes de temperaturas. [39]

Todo equipamento deve ter gravado em seu corpo sua classe de temperatura, indicando, de maneira indireta, com quais gases e vapores ele poderá trabalhar de acordo com sua temperatura de ignição. A Tabela 3 ilustra as classes de temperaturas existentes, assim como sua simbologia e características.

Tabela 3 - Relação Entre as Classes de Temperatura, Máximas Temperaturas de Superfície e Temperatura de Ignição do Gás Inflamável.

Classe de temperatura do equipamento elétrico	Máxima temperatura de superfície do equipamento elétrico °C	Temperatura de ignição do gás ou vapor °C
T1	450	> 450
T2	300	> 300
T3	200	> 200
T4	135	> 135
T5	100	> 100
T6	85	> 85

Fonte: ABNT NBR IEC 60079-14

[39] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR IEC 60079-14:** Instalação elétrica em áreas classificadas (exceto minas). Disponível em: <http://www.abntcatalogo.com.br/normagrid.aspx>. Acesso em: 06 de junho de 2018.

A norma[40] fixa ainda que o dispositivo que não contenha sua faixa de temperatura ambiente marcada em sua carcaça, poderá ser utilizado apenas em temperatura ambiente compreendida entre -20°C até +40°C.

Nos casos onde o uso de equipamento Ex não seja possível, ou se opte por usar um dispositivo não Ex é obrigatório o monitoramento contínuo do ar local com detectores de gases para uma detecção de qualquer gás liberado enquanto o equipamento estiver presente.

A maioria dos tipos de equipamento trabalham tentando evitar que o triângulo do fogo se complete, ou seja, evitam ao menos um dos três pilares do triângulo do fogo, porém cada tipo age em um desses elementos e atua de forma específica para eliminá-lo. Existe também a possibilidade de admitir o triangulo do fogo no interior do equipamento, ocasionando em uma combustão no interior do equipamento, desde que essa explosão fique confinada no equipamento. Para isso, o equipamento deve primeiramente resistir à explosão interna e evitar que esta atinja o exterior do equipamento onde poderia ser fonte de calor para uma explosão externa.

Os equipamentos e seus tipos de proteção especificados na série de normas da família NBR 60079 e disponíveis no mercado, são os seguintes:

- Ex-d – à prova de explosão
- Ex-p – com invólucro pressurizado
- Ex-o – imerso em líquido
- Ex-q – imerso em areia
- Ex-m – imerso em resina
- Ex-e – equipamento com segurança aumentada
- Ex-n – equipamento não acendível
- Ex-h – equipamento hermético
- Ex-i – equipamento com segurança intrínseca
- Ex-s – equipamento especial

[40] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR IEC 60079-14:** Instalação elétrica em áreas classificadas (exceto minas). Disponível em: <http://www.abntcatalogo.com.br/normagrid.aspx>. Acesso em: 06 de junho de 2018.

Mais à frente cada tipo de equipamento e seus respectivos métodos construtivos e princípio de funcionamento (no combate à formação da chama) são explicados com mais detalhes.

Além do tipo de proteção, o tipo de material e local de instalação do equipamento devem ser observados. Os equipamentos são projetados para garantir sua característica Ex quando instalados e utilizados em condições específicas e, acima de tudo, para substâncias específicas, uma vez que se pode dar um tratamento mais ou menos rigoroso a depender da substância inflamável da qual o equipamento deve ser protegido.

Obviamente, uma proteção mais rigorosa implica em custos mais elevados enquanto uma proteção menos rigorosa resulta num equipamento com custo final mais baixo.

Portanto, em condições específicas, é possível utilizar um equipamento com um nível de proteção “mais baixo” desde que esta proteção seja suficiente para sua determinada aplicação (com a determinada substância na qual trabalhará). Para evitar custos excessivos onde não existe necessidade, criou-se a classificação em grupos. Essa classificação leva em conta não mais o princípio de funcionamento do dispositivo, mas sim a substância perigosa da qual o equipamento deve ser protegido.

A ABNT [41] atribui ao grupo I os equipamentos para uso em minas sujeitas a liberação de grisu (metano), o grupo II para operações nos demais casos (com gases e vapores, exceto grisu de minas) e ainda o grupo III para poeiras combustíveis. O grupo II é ainda subdividido em três subgrupos: grupo IIA, para substâncias do grupo do propano. O grupo IIB, para trabalho com produtos do grupo do etileno, e, por fim, o grupo IIC, o mais severo de todos para trabalhos com substâncias dos grupos do hidrogênio e acetileno. Um resumo é mostrado no Quadro 6 a seguir para facilitar a compreensão.

---

[41] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR IEC 60079-0:** Requisitos Gerais. Disponível em: <http://www.abntcatalogo.com.br/normagrid.aspx>. Acesso em: 06 de junho de 2018.

Quadro 3 - A Classificação dos Equipamentos em Grupos os Divide em Função da Substância Perigosa em Que Trabalham

Grupos	Equipamentos	Substância
GRUPO I	Para operação em mineração subterrânea suscetíveis a exalação de grisu	metano (grisu) e pó de carvão
GRUPO IIA	Para operação em instalações de superfície onde pode existir perigo devido ao grupo do propano.	Acetona, Acetaldeído, monóxido de carbono, Álcool, Amônia, Benzeno, Benzol, Butano, Gasolina, Hexano, Metano, Nafta, Gás Natural, Propano, vapores de vernizes.
GRUPO IIB	Para operação em instalações de superfície onde pode existir perigo devido ao grupo do etileno.	Acroleína, óxido de Eteno, Butadieno, óxido de Propileno, Ciclopropano, Éter Etílico, Etileno, Sulfeto de Hidrogênio.
GRUPO IIC	Para operação em instalações de superfície onde pode existir perigo devido aos grupos do hidrogênio e acetileno.	Acetileno, Hidrogênio e Dissulfeto de Carbono.

Fonte:https://qualidadeonline.wordpress.com/2013/07/31/atmosferas-explosivas-usando-equipamentos-eletricos-de-forma-segura/

A preocupação com a segurança em áreas classificadas é tão grande que cada tipo de equipamento deve garantir a segurança que promete e a fim de se padronizar o máximo possível e evitar eventuais falhas, cada um dos tipos de equipamentos citados possuem uma parte própria na norma NBR 60079 dedicada, exclusivamente, a definir seus parâmetros, tais como funcionamento, métodos construtivos, requisitos para ensaios, materiais de construção dentre outros.

Antes de prosseguir aos tipos de equipamentos em si, para um melhor entendimento, falar-se-á no atributo de robustez mecânica, segundo sua definição na norma. Esta classificação é conferida ao equipamento no momento da certificação de acordo com seu desempenho nos ensaios padronizados.

A parte zero da norma[42] classifica a rigidez mecânica ao impacto, considerando o impacto de uma massa de ensaio predefinida – dotada de cabeça de impacto de aço temperado na forma de um hemisfério de 25 milímetros de diâmetro e pesando um quilograma - caindo de uma altura “h” e atingindo o ponto considerado mais frágil, de modo que a direção do impacto seja normal à superfície, conforme o Quadro 7.

[42] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR IEC 60079-0:** Requisitos Gerais. Disponível em: <http://www.abntcatalogo.com.br/normagrid.aspx>. Acesso em: 06 de junho de 2018.

Quadro 4 - Graus de Resistência dos Equipamentos em Testes de Certificação

	Altura da queda *h* com massa de 1 kg m			
Grupo do equipamento	**Grupo I**		**Grupo II**	
Risco de perigo mecânico	**Alto**	**Baixo**	**Alto**	**Baixo**
a) Invólucros e partes externas acessíveis dos invólucros (outras que partes transmissoras de luz)	2	0,7	0,7	0,4
b) Proteções, coberturas protetoras, coberturas de ventiladores, prensa-cabos	2	0,7	0,7	0,4
c) Partes transmissoras de luz sem proteção	0,7	0,4	0,4	0,2
d) Partes transmissoras de luz com proteção com aberturas individuais de 625 mm² até 2 500 mm²; ver 21.1 (ensaiada sem proteção)	0,4	0,2	0,2	0,1
NOTA Uma proteção para as partes transmissoras de luz com aberturas individuais de 625 mm² até 2 500 mm² reduz o risco de impacto, mas não evita o impacto.				

Fonte: ABNT NBR IEC 60079-0

8.1 Proteção Por Invólucro À Prova De Explosão (Ex-d)

Os equipamentos dotados de proteção por invólucros à prova de explosão, também denominados equipamentos Ex-d, são, assim, definidos pois confinam suas fontes de ignição no interior de um invólucro capaz de suportar e conter a pressão oriunda de uma explosão interna, de modo que esta explosão não cause a ruptura do invólucro e nem, tampouco, consiga transferir calor suficiente (calor, este, decorrente da explosão interna) para inflamar uma atmosfera explosiva no exterior.

Note que esta classe de equipamentos é projetada não para evitar a explosão, mas para contê-la em seu interior impedindo sua propagação ao meio externo. Sendo assim, a todos esses equipamentos, uma enorme robustez mecânica, é exigida.

Como consequência dessa exigência, em geral, os equipamentos deste tipo costumam maiores e mais pesados que equipamentos convencionais. Devido à necessidade de conter a explosão, devem ser bem fechados e, a fim de atingir a resistência mecânica e vedação necessária, são preferencialmente feitos com materiais roscados, seja utilizando parafusos, prisioneiros, ou até mesmo tendo tampas roscadas. Alguns outros dispositivos precisarão ser usados em conjunto com

os invólucros Ex-d, e todos eles devem ser fabricados com esta finalidade (de uso com equipamentos Ex-d). [43]

São exemplos desses “dispositivos de apoio” juntas, gaxetas, anéis de vedação, selos, prensa-cabos dentre outros, que podem estar embutidos no equipamento ou no sistema.

Este tipo de proteção é vastamente utilizado em diversos equipamentos – indo desde instalações, lâmpadas, passando por instrumentos e até equipamentos maiores como motores elétricos - devido à sua facilidade e baixo custo de instalação e manutenção, uma vez que constam apenas de uma carcaça “blindada” e não precisam de sistemas auxiliares como será visto, por exemplo, no caso de equipamentos pressurizados (Ex-p).

A aparelhagem protegida com classificação Ex-d implica na não destruição das suas paredes externas em caso de explosão interna concomitantemente à não transmissão do potencial de ignição para o ambiente exterior, seja em forma de chama, centelhas ou de calor.

8.2 Proteção Por Invólucro Pressurizado (Ex-p)

Oportunamente, o princípio de funcionamento deste tipo de proteção consiste em manter uma pressão positiva dentro de um invólucro fechado, de modo a se garantir que em caso de liberação de gases inflamáveis nas redondezas do equipamento, não haverá formação de atmosfera explosiva dentro do invólucro, mantendo a área em segurança juntamente com os equipamentos internos

A proteção Ex-p é subdivida em três categorias a saber:

-Tipo de proteção px
-Tipo de proteção py
-Tipo de proteção pz

[43] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR IEC 60079-1:** Invólucros à prova de Explosão “d”. Disponível em: <http://www.abntcatalogo.com.br/normagrid.aspx>. Acesso em: 06 de junho de 2018.

Onde, segundo a ABNT[44], a proteção do tipo px é aquela que reduz o índice de classificação do interior do involucro pressurizado de zona 1 para não-classificada ou do grupo I para não-classificada.

Já o tipo py irá reduzir a classificação interna do invólucro pressurizado de zona 1 para zona 2. E, por sua vez, o tipo de pressurização pz é configurado quando se obtém uma redução do risco indo, no interior do invólucro, da zona 2 para a categoria de área não-classificada. O Quadro 8, retirada diretamente da norma[45], mostra de forma didática como são classificados os tipos de pressurização.

Quadro 5 - Tipo de Equipamento Ex-P Adequado Ao Exterior do Invólucro

Substância inflamável no sistema de contenção	Classificação da área externa	Invólucro que contém equipamento capaz de causar ignição	Invólucro que não contém equipamento capaz de causar ignição
Sem sistema de contenção	1	Tipo px [a]	Tipo py
Sem sistema de contenção	2	Tipo pz	Não requer pressurização
Gás/vapor	1	Tipo px [a]	Tipo py
Gás/vapor	2	Tipo px (e equipamento capaz de causar ignição (ICA) não está localizado na área de diluição)	Tipo py [b]
Líquido	1	Tipo px [a] (inerte) [c]	Tipo py
Líquido	2	Tipo pz (inerte) [c]	Não requer pressurização[d]
NOTA Se a substância inflamável for um líquido, não é permitido vazamento em condição normal.			
a Tipo de proteção px também se aplica ao grupo I.			
b Se não houver liberação em condição normal; ver anexo E.			
c O gás de proteção deve ser inerte se "(inerte)" for mostrado depois do tipo de proteção; ver seção 13.			
d Proteção por pressurização não é requerida, desde que seja considerado improvável que uma falha que cause o vazamento de líquido ocorra simultaneamente com uma falha no equipamento que produza uma fonte de ignição.			

Fonte: ABNT NBR IEC 60079-2

A norma[46], fixa ainda, requisitos a serem cumpridos no tocante às portas e tampas dos equipamentos com esse tipo de proteção, como, por exemplo, no caso dos invólucros do grupo I as tampas devem ter fechos especiais e devem ser dotadas de intertravamentos de modo que a alimentação da eletricidade permaneça desligada tanto tempo quanto as portas e/ou tampas estejam abertas. Já para os casos de

[44] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR IEC 60079-2:** Invólucros Pressurizados. Disponível em: <http://www.abntcatalogo.com.br/normagrid.aspx>. Acesso em: 06 de junho de 2018.
[45] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR IEC 60079-2:** Invólucros Pressurizados. Disponível em: <http://www.abntcatalogo.com.br/normagrid.aspx>. Acesso em: 06 de junho de 2018.
[46] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR IEC 60079-2:** Invólucros Pressurizados. Disponível em: <http://www.abntcatalogo.com.br/normagrid.aspx>. Acesso em: 06 de junho de 2018.

pressurização estática a norma exige que esses equipamentos sejam marcados com os seguintes dizeres:

“ATENÇÃO – NÃO ABRA EM ÁREA CLASSIFICADA”

Os aparatos dotados de proteção Ex-p se baseiam em impedir a entrada de mistura explosiva na carcaça através da manutenção de uma pressão positiva em seu interior.

8.3 Proteção Por Imersão Em Liquido (Ex-o)

Como já se pode imaginar, nos equipamentos com este tipo de proteção, os circuitos internos – que são fontes de ignição – estão submersos em algum liquido visando expulsar o oxigênio e também o gás inflamável evitando assim qualquer tipo de propagação de explosão. [47]

De acordo com a ABNT IEC [48], esse líquido de proteção pode ser um óleo mineral, silicone líquido, éster orgânico sintético ou ainda um liquido alternativo que siga determinados requisitos estabelecidos na norma. Independente do liquido escolhido ele deve ser isolante elétrico para pelo menos 30kV e de alta durabilidade a fim de que não se deteriore rapidamente, bem como deve suportar temperaturas elevadas sem perder suas propriedades

Novamente, essa categoria de equipamentos também possui subdivisões, neste caso, são duas subcategorias de acordo com o grau de proteção que propiciam. As duas hipóteses são as seguintes:

---

[47] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR IEC 60079-6:** Proteção de Equipamento Por Imersão Em Líquido “o”. Disponível em: <http://www.abntcatalogo.com.br/normagrid.aspx>. Acesso em: 06 de junho de 2018.

[48] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR IEC 60079-6:** Proteção de Equipamento Por Imersão Em Líquido “o”. Disponível em: <http://www.abntcatalogo.com.br/normagrid.aspx>. Acesso em: 06 de junho de 2018.

- Nível de proteção “ob” (EPL “Mb” ou “Gb”) onde a norma [49] se aplica a equipamentos cuja tensão nominal seja de até 11kV eficaz em AC ou CC.
- Nível de proteção “oc” (EPL “Gc”) onde a norma [50] se aplica a equipamentos cuja tensão nominal seja de até 15kV eficaz em AC ou CC.

Para o nível de proteção “ob” acima de 2kV o fabricante deve garantir q aumentos de pressão e decomposição do liquido não invalidem o tipo de proteção, bem como suportar possíveis correntes de curto-circuito de até 32 kA, salvo se marcado com valor inferior, já para o nível de proteção “oc” essa garantia é exigida quando o equipamento operar com tensões elétricas acima de 10kV. [51]

A imersão em líquidos, se propõe a isolar os equipamentos elétricos da atmosfera externa a fim de impedir que a parte energizada entre em contato com os gases e vapores inflamáveis.

8.4 Proteção Por Imersão Areia (Ex-q)

Os equipamentos Ex que se classificam nesta categoria são equipamentos cujas partes potencialmente geradoras de fontes de ignição encontram-se fixas e totalmente imersas em material de preenchimento composto por partículas de quartzo ou vidro. Neste tipo de proteção são permitidos apenas equipamentos que operem (em condições nominais) em tensões de até 1.000V e correntes não maiores que 16A.[52]

Cabe salientar que no caso de equipamento imerso em areia, diferentemente do caso anterior (imerso em óleo) existe um volume livre entre as partículas do material

---

[49] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR IEC 60079-6:** Proteção de Equipamento Por Imersão Em Líquido “o”. Disponível em: <http://www.abntcatalogo.com.br/normagrid.aspx>. Acesso em: 06 de junho de 2018.
[50] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR IEC 60079-6:** Proteção de Equipamento Por Imersão Em Líquido “o”. Disponível em: <http://www.abntcatalogo.com.br/normagrid.aspx>. Acesso em: 06 de junho de 2018.
[51] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR IEC 60079-0:** Requisitos Gerais. Disponível em:<http://www.abntcatalogo.com.br>. Acesso em: 06 de junho de 2018.
[52] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR IEC 60079-5:** Imersão Em Areia “q”. Disponível em: <http://www.abntcatalogo.com.br/normagrid.aspx>. Acesso em: 06 de junho de 2018.

de preenchimento. Sendo assim, a norma[53] admite que os gases permeiem o interior do equipamento através dos espaços entre partículas, podendo constituir uma mistura em proporções tais que uma atmosfera explosiva ocorra e possa ser ignitada pelo próprio circuito interno do equipamento, porém uma eventual explosão externa é impedida devido ao pequeno espaço livre existente na areia e a dissipação do calor da chama ao se propagar através deste material.

A fim de garantir a não propagação da fonte de ignição para o meio externo, assim como no caso dos equipamento Ex-d, esta seção da norma[54] exige, também, a observância de alguns aspectos construtivos quanto à rigidez mecânica (conforme tabela apresentada anteriormente neste trabalho no início deste capítulo), que são observados desde a construção até a instalação e operação do equipamento Ex-q, tais como limites de temperaturas, correntes e tensões elétricas de operação, dentre outros.

Este segmento da norma se efetiva ao garantir a insuficiência de mistura explosiva e uma espécie de isolamento térmico, evitando a possibilidade de explosão ou ainda, nos casos onde houver possibilidade de explosão interna, a dissipando e garantindo que esta não se propague ao meio externo.

8.5 Proteção Por Imersão Resina (Encapsulamento Ex-m)

Esta proteção é projetada para equipamentos que operem apenas em atmosferas explosivas decorrentes de gases inflamáveis ou de poeiras combustíveis e em tensão nominal de no máximo 11kV, não sendo aplicável aos outros casos. [55]

Neste tipo de proteção os equipamentos elétricos ficam encapsulados em um composto ou em outro invólucro não metálico com adesão, ou seja, na etapa de

[53] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR IEC 60079-5:** Imersão Em Areia “q”. Disponível em: <http://www.abntcatalogo.com.br/normagrid.aspx>. Acesso em: 06 de junho de 2018.
[54] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR IEC 60079-5:** Imersão Em Areia “q”. Disponível em: <http://www.abntcatalogo.com.br/normagrid.aspx>. Acesso em: 06 de junho de 2018.
[55] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR IEC 60079-18:** Proteção de Equipamento Por Encapsulamento “m”. Disponível em:<http://www.abntcatalogo.com.br>. Acesso em: 06 de junho de 2018.

construção são imersos em um composto liquido e isolante (resina) que forma uma película isolante (por adesão) em torno do material.[56]

Na imersão por resina, assim como na imersão em líquidos, busca-se a separação dos equipamentos elétricos de modo a impedir que oxigênio e combustível estarem em contato com possíveis partes energizadas

8.6 Equipamento Com Segurança Aumentada (Ex-e)

Aqui, novamente, a norma se aplica aos equipamentos com tensão nominal de até 11kV CA ou CC. Esta seção de número 7 da norma[57] se destina aos dispositivos dotados de “medidas adicionais” de segurança que tem por finalidade dar uma maior segurança – daí o nome “segurança aumentada” – contra fontes de ignição tais como centelhas, arcos elétricos e altas temperaturas (suficientes para ignitar uma atmosfera ou danificar o material que o compõe), sendo assim, por definição, os equipamentos enquadrados como Ex-e não produzem arcos ou centelhas em operação normal (ou sob condições especificadas), bem como não atingem temperaturas extremas.

Algumas dessas medidas adicionais incluem, definição do torque correto no aperto de conexões roscadas, dispositivos que garantam o não-afrouxamento das conexões, especificação para que cada ponto de conexão comporte apenas um condutor isolado, dentre outros.

Habitualmente são, também, instalados com conexões permanentes (não roscadas, portanto) a serem feitas na área. São exemplos dessas conexões as feitas por soldagem, crimpagem, brasagem. Independentemente do tipo de conexão devem sempre ser observadas as distâncias mínimas entre condutores para a não ocorrência de arcos elétricos.

---

[56] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR IEC 60079-18:** Proteção de Equipamento Por Encapsulamento “m”. Disponível em:<http://www.abntcatalogo.com.br>. Acesso em: 06 de junho de 2018.
[57] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR IEC 60079-7:** Proteção de Equipamentos Por Segurança Aumentada “e”. Disponível em:<http://www.abntcatalogo.com.br>. Acesso em: 06 de junho de 2018.

Portanto, a segurança aumentada atua no sentido de prevenção desde sua construção. Já são projetados e fabricados visando garantir que seus circuitos não sejam a fonte de centelhas ou de calor necessária para dar início à reação de combustão.

8.7 Equipamento Não Ancendível (Ex-n)

Os equipamentos não acendíveis são regidos pela 15ª seção da norma[58] e eles não têm a capacidade de transmitir energia suficiente para a explosão, em outras palavras, devem assegurar que ou não sejam aptos à geração de faíscas ou altas temperaturas, ou então que caso as gerem, estas não tenham energia suficiente para que seja possível iniciar a reação de combustão de uma eventual atmosfera explosiva circunvizinha, sendo assim, que forneça apenas uma quantidade de energia que seja menor que a energia de ativação da reação, portanto.

Diferem-se dos equipamentos Ex-e, pois, aqui admite-se a produção de faíscas e arcos, desde que não tenham potencial de ignição, porém compartilhar do mesmo princípio de proteção: não fornecer energia de ativação à mistura explosiva.

8.8 Equipamento Hermético (Ex-h)

Nesta categoria, enquadram-se equipamentos que são fechados hermeticamente, equipamentos selados. Essa selagem se dá por meio de fusão do material construtivo, como por exemplo a soldagem, caldeamento, fusão vidro-metal dentre outros. Como o Equipamento é selado não existe a possibilidade de infiltração da atmosfera interior no interior do invólucro.

---

[58] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR IEC 60079-15:** Construção, Ensaio e Mercação de Equipamentos Elétricos Com Tipo de Proteção “n”. Disponível em:<http://www.abntcatalogo.com.br>. Acesso em: 06 de junho de 2018.

8.9 Proteção Por Segurança Instrínseca (Ex-i)

Esses equipamentos, como o nome já sugere, são dotados de proteção intrínseca, em outras palavras, são equipamentos tais que devido a seus métodos construtivos e produtos utilizados que seguem quesitos especificados desde a escolha dos materiais, tipos de conexão, capacidade de isolar tensão e corrente de seus componentes, dentre outros.

Sendo assim, a sua segurança é própria de sua natureza, de sua fabricação. Para serem classificados como Ex-i os dispositivos também passam por uma bateria de testes de certificação para garantir e atestar sua eficácia conforme a norma. [59] Possuem, também, um "documento descritivo do sistema" que é uma espécie de folha de dados do equipamento onde constam seus parâmetros, fiação de interconexão dentre outras informações.

Os equipamentos dotados de proteção intrínseca são destinados a aplicações (integral ou parcialmente) em locais ode seja necessário o uso de equipamentos dos grupos I, II ou III. [60]

8.10 Equipamento Especial (Ex-s)

Agora falar-se-á dos equipamentos com tipo de proteção especial Ex-s. Esta parte da norma[61] trata, na verdade, não de um tipo de equipamento específico como foi discorrido nas alíneas vistas até aqui neste trabalho, mas sim de um método de especificação para futuros projetos e invenções na seara das atmosferas explosivas.

Ao elaborar a parte 33 da norma seus criadores não pensaram no presente ou passado, mas sim no futuro. Como para se dizer que um equipamento é seguro para

---

[59] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR IEC 60079-25:** Sistemas Elétricos Intrinsecamente Seguros. Disponível em:<http://www.abntcatalogo.com.br>. Acesso em: 06 de junho de 2018.
[60] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR IEC 60079-25:** Sistemas Elétricos Intrinsecamente Seguros. Disponível em:<http://www.abntcatalogo.com.br>. Acesso em: 06 de junho de 2018.
[61] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR IEC 60079-33:** Proteção de Equipamentos Por Proteção Especial "s". Disponível em:<http://www.abntcatalogo.com.br>. Acesso em: 06 de junho de 2018.

áreas classificadas ele precisa de um certificado de órgão competente, este órgão precisa realizar testes e avaliações conforme a normatização existente e emitir um certificado para aquele equipamento.

Observe que o ente certificador exercerá seu papel se, e somente se, existir uma norma para aquele determinado tipo de equipamento, com a qual serão comparados os testes e avaliações realizadas durante o processo de certificação. Na hipótese apresentada, os fabricantes e demais profissionais envolvidos estão limitados aos tipos já existentes de proteção, uma vez que ao desenvolverem um tipo não previsto não seria possível a sua certificação e, consequentemente, sua comercialização.

Para dar mais liberdade aos criadores e, de certa forma, até incentivar os investimentos em pesquisa e desenvolvimento nesta área, os elaboradores formularam a parte 33 da norma[62] justamente para os casos em que os demais tipos de proteção não se apliquem ao novo produto.

Esta norma se aplica, portanto, aos fabricantes e entidades certificadoras dando lhes liberdade para criar e facilidade para a certificação, desburocratizando e acelerando o processo e viabilizando a exploração financeira dos inventos futuros. [63]

Este capítulo tratou do tema central deste estudo: os equipamentos e tecnologias disponíveis que são adotados para mitigar os riscos de explosões em instalações industriais com potencial explosivo. Existem muitos tipos de proteções e cada uma ataca algum pilar do triângulo do fogo de uma forma característica. A escolha do equipamento a ser utilizado será, portanto, feita de acordo com o caso concreto em análise. Em uma determinada situação um tipo específico de proteção pode ser mais eficaz ou até mesmo, economicamente mais vantajoso.

Para elucidar melhor essa questão, o Quadro 9 traz um resumo dos principais tipos de proteção de equipamentos Ex, suas características.

---

[62] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR IEC 60079-33:** Proteção de Equipamentos Por Proteção Especial “s”. Disponível em:<http://www.abntcatalogo.com.br>. Acesso em: 06 de junho de 2018.

[63] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR IEC 60079-33:** Proteção de Equipamentos Por Proteção Especial “s”. Disponível em:<http://www.abntcatalogo.com.br>. Acesso em: 06 de junho de 2018.

Quadro 6 - Equipamentos Ex, Características e Aplicações

Ex	Tipo de Proteção	Características
d	À prova de explosão	Suporta pressão interna de explosão, mas impede que se propague ao exterior
e	Segurança aumentada	Aplicado a equipamentos que em condição normal de operação não produzam centelha ou altas temperaturas
i	Segurança intrínseca	Aparelhos que não liberam energia superior aos limites de explosividade
p	Invólucros pressurizados	Meio interior preenchido de ar ou gás em pressão que impede a entrada de gás inflamável externo
m	Imerso em resina	Impede a liberação de energia suficiente para inflamar uma atmosfera
o	Imerso em óleo	poder dielétrico do óleo compatível com o nível de tensão. Eficaz contra corrosão
q	Imerso em areia	Meio isolante de quartzo ou vidro. Mantém níveis controlados de umidade
n	Não acendível	Não libera energia suficiente para inflamar uma atmosfera, em operação ou mesmo em falha

Fonte:http://www.deno.oceanica.ufrj.br/deno/prod_academic/relatorios/2014/Dirney_caio/relat1/Daembarcacao_rev12.htm

9. OUTROS DISPOSITIVOS

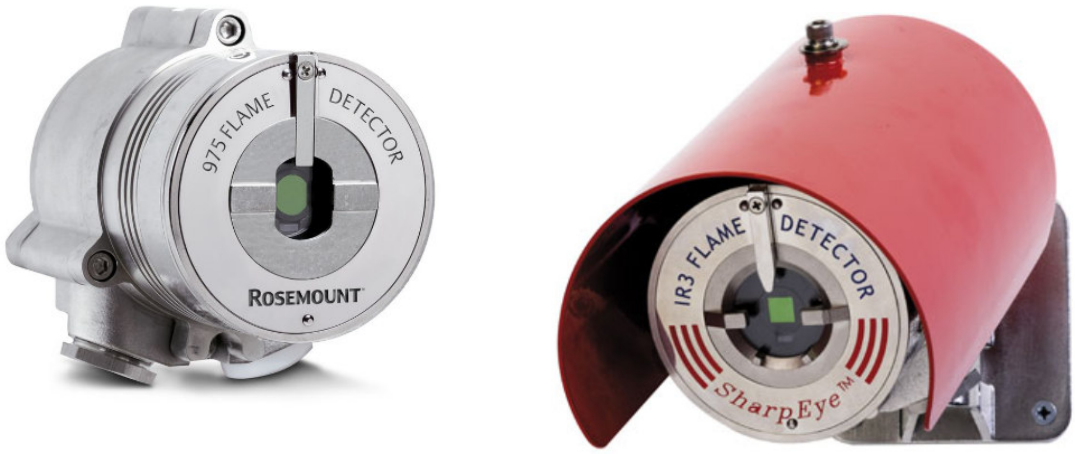
9.1 Detectores De Fogo

São equipamentos que fixos que ficam instalados próximos à locais que possuam alto potencial de vazamento e/ou formação de chama e podem ser vistos a seguir na figura 8.

A formação de chama ao ar livre é quase sempre indesejada. Isso significa que se uma situação chegou ao ponto da formação da chama, esta ocorreu devido à uma perda de controle do processo industrial, como por exemplo um vazamento indesejado ou uma fonte de ignição não prevista, dentre outros.

Estes equipamentos detectam quando há presença de chama na área classificada e atuam junto ao sistema de intertravamento da planta para interromper os equipamentos e processos próximos de modo a evitar que mais combustível seja liberado alimentando a chama.

Figura 7 - Detectores de Chama Fixos



Fonte: https://www.emerson.com/en-us/catalog/rosemount-975hr e https://www.crowcon.com/uk/products/fixed-detectors/flame-detectors.html

9.2 Detectores De Gás

Esses equipamentos podem ser fixos ou portáteis, e monitoram o ar do ambiente no qual estão instalados e detectam a presença de gases e vapores combustíveis emitindo um alerta.

No caso de detectores portáteis (como o exemplificado na figura 9) esse alerta avisa ao usuário da presença do gás antes mesmo que sua concentração atinja o LIE e, portanto, a faixa de ignição. Deste modo é possível que todas as atividades com possibilidade de ignição sejam interrompidas e/ou a equipe que está realizando a atividade evacue o local, evitando perdas de vidas e perdas materiais.

Figura 9 - Detector Multigás Portátil da Marca MSA

Fonte: <http://www.westernsafety.com/products/msa2009/msa09pg8.htm

No caso de detectores fixos instalados em locais estratégicos da empresa (como os da figura 10), além de emitirem um alerta, eles podem e devem ser incorporados ao sistema de intertravamento da planta, paralisando equipamentos e processos automática e imediatamente que se detecta um vazamento de combustível.

Figura 108 - Detectores de Gás Fixos Para Serem Instalados em Campo.

Fonte: http://www.emerson.com/en-us/catalog/rosemount-935

A norma[64] exige que uma indicação ou sinal deve ser emitido para indicar que o equipamento está ligado e sem falhas, bem como a indicação de falhas e alarmes. A norma especifica as cores das luzes indicativas (locais) em: vermelho para alerta de gas, amarelo para falhas e verde para indicar o perfeito funcionamento (sem detecção de gás).

10. INSTALAÇÕES ELÉTRICAS EM ÁREAS CLASSIFICADAS

Muito se falou, até aqui, em equipamentos elétricos localizados no interior de áreas perigosas e seus cuidados de construção, instalação e operação, porém para viabilizar a utilização desses dispositivos uma etapa essencial deve preceder a alocação de motores, luminárias, instrumentos, etc. Esta etapa se verifica na instalação elétrica de modo geral.

A instalação elétrica contém os dispositivos necessários para levar a alimentação da subestação até todos os equipamentos elétricos e eletrônicos. A instalação elétrica compreende, dentre outros, os fios, cabos, eletrodutos, caixas de passagem e de ligação, unidades seladoras, chaves, interruptores, botoeiras, buchas passantes, prensa-cabos, transformadores e barramentos.

Esta etapa é tão importante e crítica que a IEC reservou uma parte da norma para tratar exclusivamente das instalações elétricas em áreas classificadas, que devem adotar, além de todos os requisitos para instalações elétricas gerais, cuidados específicos e mais rigorosos para sua aplicação sujeita a atmosferas explosivas, bem como seu uso conjunto com os equipamentos aos quais estarão interligados, sempre observando os tipos de proteção existentes.

Primeiramente, falar-se-á a respeito da instalação de modo geral e os cuidados adotados e, posteriormente, sobre seus dispositivos e características.

Toda a instalação em áreas classificadas deve considerar atenção especial no que tange ao SPDA (sistema de proteção de descargas atmosféricas, o sistema de para-raios), à equipotencialização (aterramento) e, também, a proteção catódica de partes metálicas, pois esses casos também podem ser uma fonte de ignição e, logo, não devem ser subestimados. A proteção catódica de partes metálicas, por exemplo,

---

[64] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR IEC 60079-29-4:** Detectores de Gás – Requisitos de Desempenho de Detectores de Caminho Aberto Para Gases Inflamáveis. Disponível em:<http://www.abntcatalogo.com.br>. Acesso em: 06 de junho de 2018.

nunca deve ser utilizada numa zona 0 a menos que tenha sido especificamente projetada para esta situação. [65]

No tocante à proteção dos equipamentos, todos eles devem ser protegidos contra falhas fase-terra e curtos-circuitos, bem como o auto-religamento desses equipamentos em condições de faltas deve ser sempre evitado. E quando se tratar de equipamentos bifásicos ou trifásicos devem ser adotadas medidas que assegurem seu desligamento ao perder uma fase evitando, assim, seu sobreaquecimento. [66]

A seção de número 14 da norma traz os seguintes dizeres: “Os sistemas de cabos e acessórios devem ser instalados, tanto quanto possível, em locais que evitem que sejam expostos a danos mecânicos e à corrosão ou influências químicas (por exemplo, solventes) [...].”[67]

O trecho mostrado acima, consta de uma transcrição literal da norma e será muito importante para o estudo de caso que será mostrado ao final deste trabalho, onde serão demonstrados na prática os efeitos decorrentes da exposição, principalmente de eletrodutos e luminárias, à esses agentes.

A instalação de eletrodutos e dispositivos de manobras como botoeiras e chaves em geral, deve ser feita de modo a garantir o perfeito funcionamento e confiabilidade dos equipamentos aos quais estão ligados, por exemplo, um eletroduto passa por caixas passantes Ex-d, botoeiras e chega até a caixa de ligação de um motor elétrico Ex-d. Ou ainda um cabo isolado passa por um prensa-cabos e adentra uma caixa Ex de um dado barramento Fieldbus. Essas conexões devem garantir o perfeito funcionamento do invólucro do motor elétrico e do barramento, mantendo os mesmos nível, tipo e grau de proteção dos equipamentos ao final desse circuito.

---

[65] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR IEC 60079-14:** Instalação Elétrica Em Áreas Classificadas (Exceto Minas). Disponível em: <http://www.abntcatalogo.com.br/normagrid.aspx>. Acesso em: 06 de outubro de 2018.
[66] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR IEC 60079-14:** Instalação Elétrica Em Áreas Classificadas (Exceto Minas). Disponível em: <http://www.abntcatalogo.com.br/normagrid.aspx>. Acesso em: 06 de outubro de 2018.
[67] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR IEC 60079-14:** Instalação Elétrica Em Áreas Classificadas (Exceto Minas). Disponível em: <http://www.abntcatalogo.com.br/normagrid.aspx>. Acesso em: 06 de outubro de 2018.

Sendo assim, o prensa-cabos e as conexões do eletroduto devem garantir a proteção Ex-d e seus graus e níveis de proteção. [68]

Para isso não deve haver nenhuma “abertura destampada” nas caixas e invólucros. Portanto, toda abertura por onde se passem cabos devem ser fechadas com buchas passantes, prensa-cabos, selantes dentre outros. As aberturas excedentes (não utilizadas) devem ser fechadas com tampões próprios para este fim.

Deve-se observar, também, a exposição à corrosão causada pelo ambiente e evitar, sempre que possível, a combinação de metais diversos que poderia promover uma acelerada corrosão galvânica.[69]

A entrada de cabos em invólucros deve ser feita diretamente para o compartimento onde há as conexões (através de eletrodutos ou prensa-cabos) ou pode ser feita de maneira indireta indo para um compartimento intermediário e posteriormente para o compartimento onde estão presentes as conexões (equipamentos Ex-d-e). [70]

A conexão direta por eletrodutos deve adotar as seguintes medidas:

- Conter no mínimo 5 fios de rosca devidamente encaixados;
- Conter unidades seladoras em todas as entradas quando há chaves de manobra;
- Conter unidades seladores em todos os eletrodutos de seção superior a duas polegadas.

As unidades seladoras têm a finalidade de conter uma possível explosão no interior do equipamento Ex-d evitando sua propagação pelo duto. Possuem uma massa selante e pode conter (recomendado) um dreno para a retirada de água. A figura 11 a seguir mostra como são essas unidades seladoras, inclusive em corte para fins

---

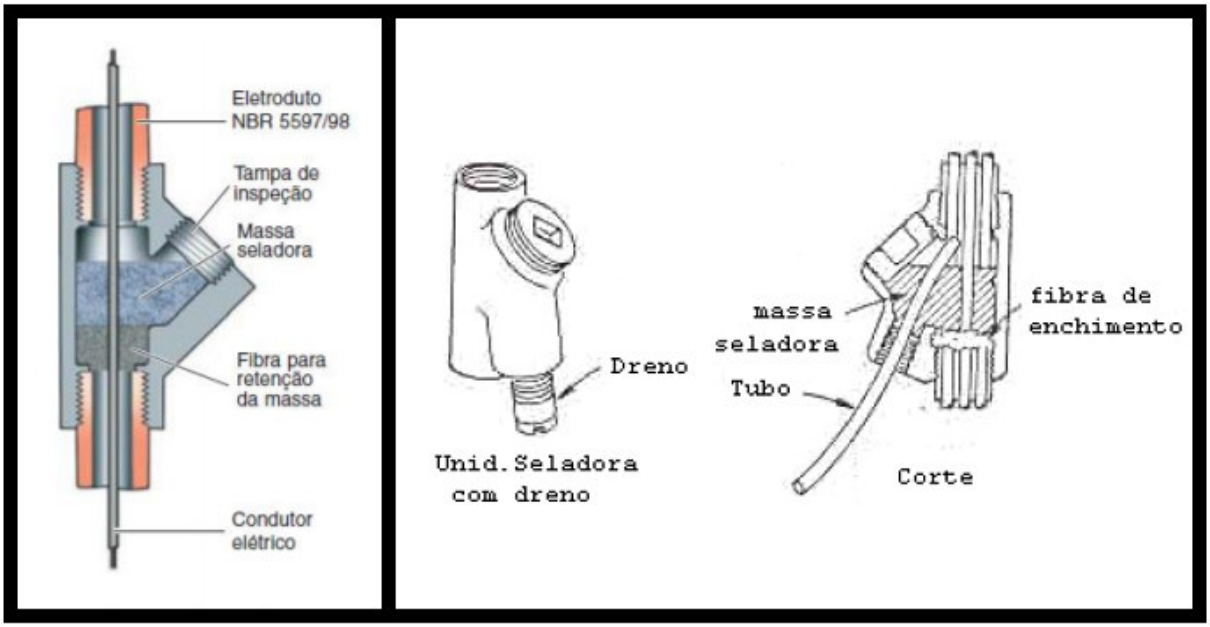
[68] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR IEC 60079-14:** Instalação Elétrica Em Áreas Classificadas (Exceto Minas). Disponível em: <http://www.abntcatalogo.com.br/normagrid.aspx>. Acesso em: 06 de outubro de 2018.

[69] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR IEC 60079-14:** Instalação Elétrica Em Áreas Classificadas (Exceto Minas). Disponível em: <http://www.abntcatalogo.com.br/normagrid.aspx>. Acesso em: 06 de outubro de 2018.

[70] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR IEC 60079-14:** Instalação Elétrica Em Áreas Classificadas (Exceto Minas). Disponível em: <http://www.abntcatalogo.com.br/normagrid.aspx>. Acesso em: 06 de outubro de 2018.

didáticos. Vale ressaltar que unidades seladoras são sempre exigidas quando um eletroduto entra ou sai do solo.

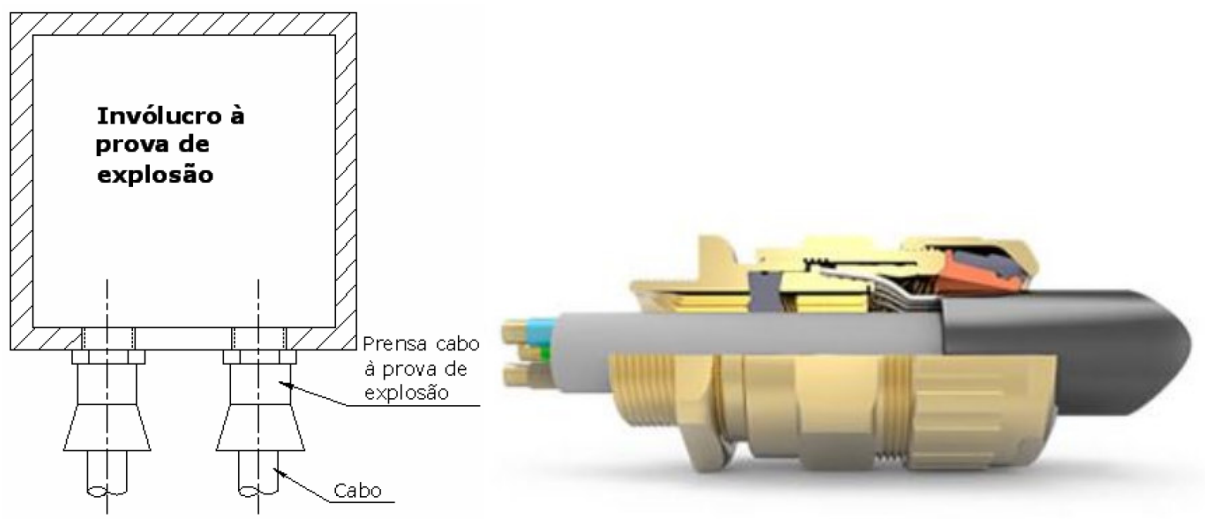
Figura 11 - Unidade Seladora em Corte Com Dreno Para Água



Fonte: https://semanaacademica.org.br/system/files/artigos/instalacoes_eletricas_em_atmosfera_explosiva.pdf

Além da entrada de eletrodutos nas caixas e equipamentos, pode-se ter a entrada dos cabos diretamente, feita através de prensa-cabos ou buchas passantes que também devem ter sido projetadas para este fim e este tipo de proteção específicos, conforme figura 12.

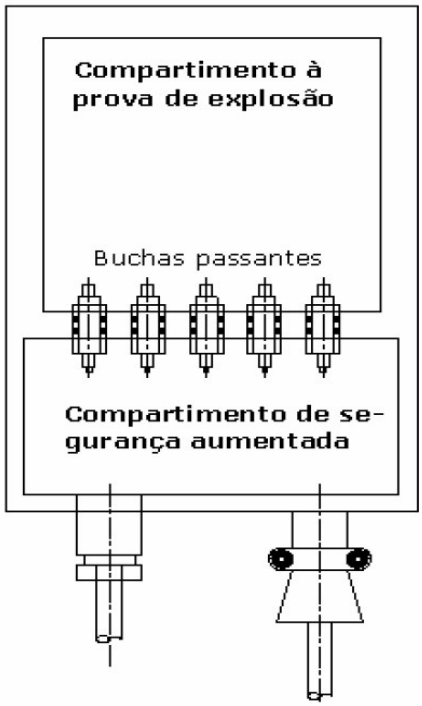
Figura 12 - Ilustração Em Corte De Instalação De Prensa Cabos Em Invólucro Ex



Fonte: http://www.polarb2b.com/produto/prensa-cabo-armado-universal-exde-5-5-a-12-0-mm-size-os-rosca-m20-latao-niquelado e http://www.producao.ufrgs.br/arquivos/disciplinas/492_inst_explosiva.pdf

Por fim, tem-se ainda um método menos comum, mas também previsto que é o método de conexão indireta, onde existe um compartimento de segurança aumentada (Ex-e) entre o ambiente e o invólucro Ex-d, e entre eles há buchas passantes que garantes a “selagem”, conforme figura 13 a seguir.

Figura 13 - Caixa À Prova de Explosão Com Segurança Aumentada (Ex-d-e)



Fonte: http://www.producao.ufrgs.br/arquivos/disciplinas/492_inst_explosiva.pdf

Também, as instalações, assim como os equipamentos, devem ser dotadas de cuidados e técnicas específicas quando situados em áreas classificadas. Nesta seção restou claro que apesar de se tratarem de equipamentos muito simples as normas exigem que determinados requisitos sejam cumpridos tanto na etapa de fabricação, como na de testes e montagem.

No que diz respeito às ligações e instalações elétricas, principalmente a parte de eletrodutos, luminárias, caixas de passagem, dentre outros, muita atenção deve ser dada a estes, até mesmo mais do que na escolha dos equipamentos em si, pois como será visto mais a frente neste estudo, um dos principais pontos frágeis é justamente nesses dispositivos.

11. EDIFICAÇÕES E AMBIENTES PROTEGIDOS POR PRESSURIZAÇÃO

A ABNT IEC 60079 parte 13 regulamenta a existência de ambientes e construções protegidos através de pressão positiva que estão inseridos em áreas classificadas ou em suas fronteiras, o princípio de funcionamento deste tipo de proteção é tal qual o dos equipamentos Ex-p, porém enquanto anteriormente falou-se de invólucros de equipamentos, esta seção versa sobre ambientes e edificações.

A própria norma[71] define ambientes e edificações como um local fechado, provido de aberturas (qualquer buraco como portas, janelas, entradas e saídas de cabos, dentre outros) contendo equipamentos elétricos em seu interior e que possuam tamanho tal que seja suficiente para permitir a entrada de pessoas quais são esperadas que permaneçam no interior deste ambiente por um longo período de tempo ou até mesmo desempenhem suas atividades no local. Note que está definição não se enquadra para espaços confinados.

Dentro destas edificações podem ser utilizados equipamentos elétricos capazes de fornecer a ignição de uma atmosfera explosiva ou, em outras palavras, equipamentos sem proteção Ex. Portanto, a pressurização da área garante àquela região uma proteção tal que aos equipamentos em seu interior são dispensadas a certificação Ex, então seu interior (quando pressurizado) não se configura como uma área classificada. [72]

A ABNT[73] diz que na ausência de pressurização do ambiente, este deve ser classificado (conforme as zonas definidas anteriormente) com o mesmo grau do ambiente externo de maior risco como o qual dívida ao menos uma abertura. Sendo assim uma edificação que faz fronteira com uma área classificada, ficando parte

---

[71] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR IEC 60079-13:** Construção e Utilização de Ambientes Ou Edificações Protegidas Por Pressurização. Disponível em: <http://www.abntcatalogo.com.br/normagrid.aspx>. Acesso em: 06 de outubro de 2018.
[72] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR IEC 60079-13:** Construção e Utilização de Ambientes Ou Edificações Protegidas Por Pressurização. Disponível em: <http://www.abntcatalogo.com.br/normagrid.aspx>. Acesso em: 06 de outubro de 2018.
[73] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR IEC 60079-13:** Construção e Utilização de Ambientes Ou Edificações Protegidas Por Pressurização. Disponível em: <http://www.abntcatalogo.com.br/normagrid.aspx>. Acesso em: 06 de outubro de 2018.

situada em área classificada e parte em área não classificada, e não possui nenhuma abertura virada para a área classificada, então esta edificação é do tipo não classificada.

Algumas medidas são necessárias nestes ambientes. Na falha de pressurização o ambiente passa a ser classificado como zona 1 ou 2 conforme a área no seu entorno com aberturas, sendo assim se algum equipamento no seu interior não for certificado para a zona em questão devem ser implementados alarmes indicando a falta de pressurização, bem com deve-se proceder imediatamente com o reestabelecimento da pressurização. [74]

Caso seja configurada zona 1 além das medidas anteriores é necessária a interrupção automática das fontes de alimentação logo quanto possível. Caso os equipamentos sejam certificados para zona 2 ou configure-se um ambiente zona 2 com equipamentos não certificados em seu interior, o desligamento pode ser programado caso o reestabelecimento da pressão demore longos períodos de tempo ou a concentração de gás assuma níveis críticos.[75] O quadro 10 a seguir demonstra com mais clareza o que foi dito anteriormente.

[74] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR IEC 60079-13:** Construção e Utilização de Ambientes Ou Edificações Protegidas Por Pressurização. Disponível em: <http://www.abntcatalogo.com.br/normagrid.aspx>. Acesso em: 06 de outubro de 2018.
[75] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR IEC 60079-13:** Construção e Utilização de Ambientes Ou Edificações Protegidas Por Pressurização. Disponível em: <http://www.abntcatalogo.com.br/normagrid.aspx>. Acesso em: 06 de outubro de 2018.

Quadro 10 - Medidas de Proteção em Falha de Pressurização

Classificação do interior do ambiente [1)]	Equipamentos elétricos instalados		
	Equipamentos adequados para Zona 1	Equipamentos adequados para utilização em Zona 2	Equipamentos não protegidos para qualquer área classificada
Zona 1	Nenhuma ação necessária	— alarme adequado (visível, audível ou ambos) — ação imediata para restabelecimento da pressurização — desligamento programado das fontes de alimentação se a pressurização não puder ser restabelecida para um período de tempo extenso ou se a concentração de gases inflamáveis estiver elevada a níveis perigosos	— alarme adequado (visível, audível ou ambos) — ação imediata para restabelecimento da pressurização — interrupção automática das fontes de alimentação tão rapidamente quanto possível, dentro de um período de tempo definido, com relação à necessidade de uma parada programada
Zona 2	Nenhuma ação necessária	Nenhuma ação necessária	— alarme adequado (visível, audível ou ambos) — ação imediata para restabelecimento da pressurização — desligamento programado das fontes de alimentação se a pressurização não puder ser restabelecida para um período de tempo extenso ou se a concentração de gases inflamáveis estiver elevada a níveis perigosos

Fonte: - ABNT NBR IEC 60079-13

Recomenda-se que equipamentos essenciais, como os equipamentos responsáveis pela própria pressurização do ambiente, iluminação, sistemas de telecomunicações dentre outros, sejam adequados para a zona na qual a edificação está inserida, de modo que em caso de emergência e necessidade de desenergização de equipamentos, tais equipamentos permaneçam em funcionamento. [76]

Para manter concordância com a norma[77] a pressurização deve ser tal que garanta pressão positiva mesmo com todas as aberturas existentes totalmente abertas ao mesmo tempo, mas não deve ser tão alta que dificulte a abertura e fechamento das portas. Para garantir a segurança é prudente que em todo e qualquer ponto do interior do ambiente, com todas as portas e janelas fechadas deve-se manter uma

[76] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR IEC 60079-13:** Construção e Utilização de Ambientes Ou Edificações Protegidas Por Pressurização. Disponível em: <http://www.abntcatalogo.com.br/normagrid.aspx>. Acesso em: 06 de outubro de 2018.
[77] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR IEC 60079-13:** Construção e Utilização de Ambientes Ou Edificações Protegidas Por Pressurização. Disponível em: <http://www.abntcatalogo.com.br/normagrid.aspx>. Acesso em: 06 de outubro de 2018.

sobrepressão manométrica mínima de 25 Pa como forma de compensar possíveis perdas e variações no sistema.

A ABNT[78] afirma, também, que a medição da pressurização deve ser feita com medidores de pressão ou de vazão ou a combinação de ambos. Deve-se evitar intertravamentos elétricos como energização ou velocidade de motores e/ou ventiladores.

Durante as partidas, qualquer que seja a classificação da área, ao se energizar qualquer equipamento deve-se garantir que nenhum ponto do interior do ambiente possua mistura gasosa com concentração maior do que 25% do limite inferior de explosividade ou, caso contrário, deve-se proceder com uma purga completa da edificação com um volume desejável de no mínimo cinco vezes o volume interno do ambiente somado à seus dutos e tubulações associados, seguido da pressurização.[79]

O ambiente e seu respectivo sistema de pressurização/ventilação deve levar em conta a quantidade de pessoas previstas para trabalharem simultaneamente em seu interior e a quantidade e tipo de equipamentos instalados de modo a prever a quantidade de ar necessária para manutenção de níveis respiráveis e a devida refrigeração do local. É recomendado, também, que todas as portas do ambiente sejam claramente identificadas em seu exterior com os dizeres:

"Aviso - Ambiente pressurizado – Feche esta porta". [80]

Depreende-se então que os ambientes pressurizados são soluções muito custosas tanto para projeto e aquisição, quanto para manutenção e operação e, portanto, deve ser utilizada em último caso quando uma solução mais barata não for eficaz.

---

[78] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR IEC 60079-13:** Construção e Utilização de Ambientes Ou Edificações Protegidas Por Pressurização. Disponível em: <http://www.abntcatalogo.com.br/normagrid.aspx>. Acesso em: 06 de outubro de 2018.
[79] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR IEC 60079-13:** Construção e Utilização de Ambientes Ou Edificações Protegidas Por Pressurização. Disponível em: <http://www.abntcatalogo.com.br/normagrid.aspx>. Acesso em: 06 de outubro de 2018.
[80] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR IEC 60079-13:** Construção e Utilização de Ambientes Ou Edificações Protegidas Por Pressurização. Disponível em: <http://www.abntcatalogo.com.br/normagrid.aspx>. Acesso em: 06 de outubro de 2018.

Cabe salientar, entretanto, que em alguns casos pode-se aglomerar muitos equipamentos não certificados para áreas classificadas dentro de um ambiente pressurizado obtendo uma economia com os equipamentos em seu interior que compense o gasto do próprio ambiente.

Sendo assim, com posse de toda a informação apresentada até este momento é hora de aplicar toda essa teoria à um caso prático e ver como as normas são – e se realmente são – seguidas, bem como quais dificuldades são enfrentadas na rotina das indústrias que lidam com riscos de incêndios e explosões.

Foi realizada uma análise nesta unidade industrial buscando-se pontos de inobservância das normas nacionais e internacionais, assim como quebras de equipamentos, pontos que poderiam ser melhorados fazendo um apanhado geral quanto ao grau de segurança da instalação como um todo.

12 ESTUDO DE CASO DE UMA UNIDADE INDUSTRIAL DE TRATAMENTO DE GÁS NO BRASIL

12.1 Apresentação Da Unidade

A unidade aqui estudada fica localizada em solo brasileiro e é uma planta de processamento de gás composta por várias unidades de processo que têm por finalidade o tratamento do gás natural bruto oriundo de poços de produção no Brasil situados em terra (*on-shore*) e fora dela(*off-shore*).

A estação é formada por unidades de processamento do gás natural, unidades de processamento de condensado de gás natural, planta de ajuste de ponte de orvalho e ainda um sistema de estabilização de condensado de gás natural, bem como de seus respectivos sistemas auxiliares como, por exemplo, sistemas de estocagem, transferência, compressão, utilidades dentre outros.

12.2 Equipamentos A Quente Da Unidade

12.2.1 Equipamentos Não Elétricos

12.2.1.1 Fornos A Gás Combustível

Trata-se de um forno, alimentado com gás natural processado (tal qual o gás encanado que chega às residências), como combustível para a chama. Esse gás é proveniente do próprio processo e o forno tem como finalidade aquecer o fluido que passa por dentro de serpentinas no interior da câmara do forno.

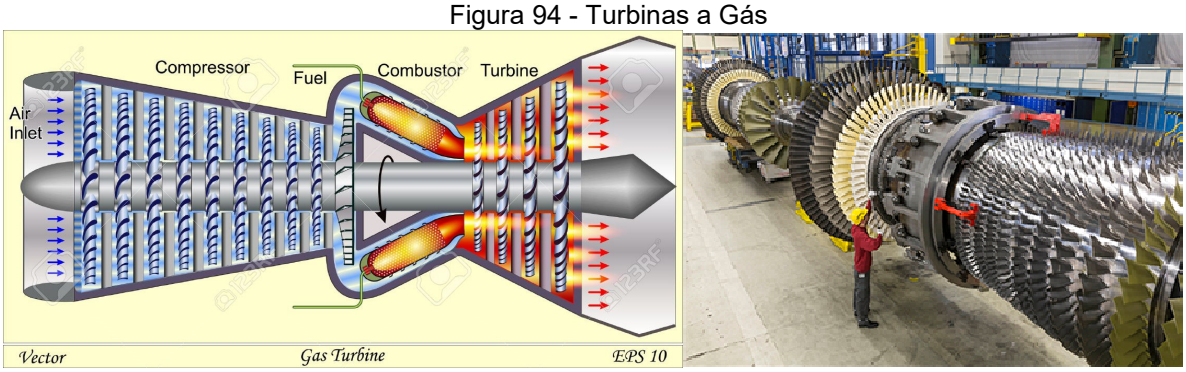
Neste caso concreto, o fluido aquecido pode ser óleo térmico, que será usado mais tarde - após ser aquecido no forno - para fornecer energia térmica (calor) para o processo de fracionamento do gás. O fluido que passa no interior das serpentinas também pode ser o próprio gás tratado pela planta, do qual uma pequena fração é aquecida e utilizada como gás quente que promoverá a secagem (retirada de umidade) de outro equipamento.

12.2.1.2 Turbinas A Gás

Turbinas a gás são máquinas térmicas tais como os motores de combustão, máquinas a vapor dentre outros. As turbinas propriamente ditas realizam seu ciclo térmico segundo o chamado ciclo de Brayton. Seu funcionamento detalhado não é do interesse deste estudo, bastando saber, que sua operação consiste na admissão do ar (que será usado para a combustão) pelo compressor, onde é comprimido (e, consequentemente, aquecido) ao chegar na câmara de combustão encontrará o gás combustível e a energia de ativação, ocorrendo assim a queima. Os gases da combustão são direcionados a altas velocidades e temperaturas visando girar o eixo da turbina.

Para efeitos deste trabalho deve-se salientar que, devido à existência de altas rotações e da combustão em si, as turbinas atingem temperaturas elevadíssimas e, por este motivo, são potenciais fontes de risco numa atmosfera explosiva. Na figura 14 mostra-se um modelo em corte de turbinas a gás, bem como uma imagem real na qual é possível ter noção da dimensão destes equipamentos.

Figura 94 - Turbinas a Gás



Fonte: https://br.123rf.com/photo_19408467_turbina-a-g%C3%A1s.html e ttps://w3.siemens.com.br/home/br/pt/cc/imprensa/pages/turbinas-a-gas-classe-h-da-siemens-excedem-200-000-horas-operacionais.aspx

12.2.1.3 Veículos Automotores

No ambiente industrial o fluxo de automóveis na área operacional é inevitável, seja um carro, van ou ônibus para transportar pessoas, um guindauto (caminhão munck) ou caminhonete para o transporte de materiais, plataformas de trabalho em altura e

até mesmo guindastes que não só transitam, mas permanecem na área desempenhando atividades essenciais à manutenção da rotina da indústria.

Obviamente não são fabricados carros especiais e específicos para o uso em áreas classificadas, em outras palavras não se fabricam automóveis com certificação Ex. Os equipamentos usados são os mesmos vistos nas ruas no cotidiano. Portanto para o acesso de automóveis em área classificada se faz necessário a instalação de um dispositivo corta-chamas no escapamento do veículo para evitar projeção de agentes ignitores

É necessário, também, para automóveis que adentrem as unidades de processo (e não apenas transitem nas ruas da área operacional), o acompanhamento e monitoramento constante da atmosfera para certificar-se que não existem vazamentos capazes de promover uma atmosfera explosiva no seu entorno.

12.2.1.4 Motores De Combustão Interna

Assim como no caso anterior dos veículos automotores, outros equipamentos possuem motores de combustão interna, como é o caso de geradores, compressores de ar movidos a um motor a diesel, motores de sopradores, cortadores de grama, dentre outros. Para esses equipamentos, assim como os anteriores deve-se instalar corta-chamas na exaustão, quando cabível, e avaliar a necessidade de monitoramento ou não da atmosfera circundante.

12.2.1.5 Sistema De Flare (Tocha)

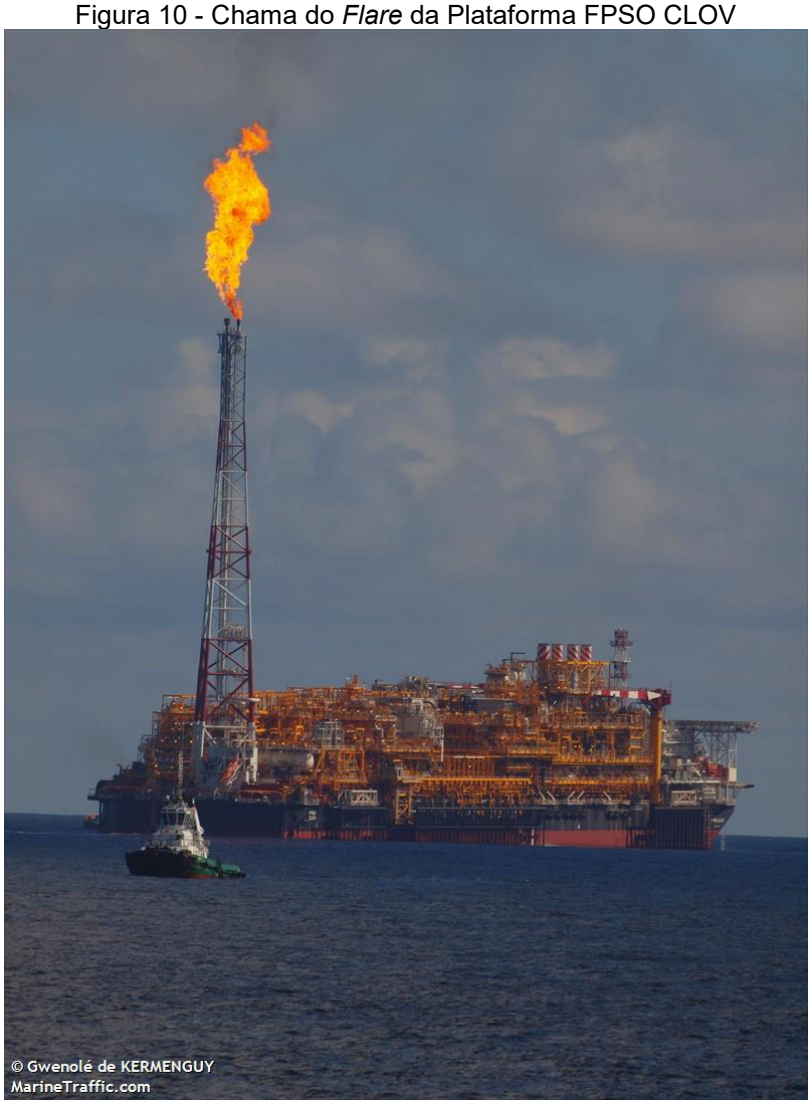
O sistema de *flare* (ou tocha) é, talvez, o sistema de segurança mais importante de uma planta de processamento de gás, ou qualquer outra unidade que trabalhe com gases combustíveis.

Mas afinal o que é um sistema de *flare*? O sistema de *flare* é o conjunto de dispositivos que promovem a segurança de sobrepressão dos vasos e tubulações que trabalham sob pressão de gases, vapores e/ou líquidos combustíveis ou inflamáveis.

Este sistema é composto por vasos, válvulas de alívio ou PSV's (válvulas de segurança de pressão, do inglês *Pressure Safety Valve em tradução livre*), tubulações e o *flare* propriamente dito.

O *flare* é uma parte muito icônica e conhecida no setor de petróleo e gás, especialmente quando se trata de plataformas de exploração e produção de petróleo *offshore*. O *flare* é aquela grande tocha que fica queimando no alto de uma torre. O *flare* do FPSO CLOV é ilustrado na figura 15. Aquela tocha – como tudo na indústria - não está lá por acaso, ela é responsável por promover uma queima segura e controlada de gases inflamáveis que possam vir a ser jogados na atmosfera.

Figura 10 - Chama do *Flare* da Plataforma FPSO CLOV



Fonte:https://www.marinetraffic.com/th/ais/details/ships/shipid:465467/imo:9630951/mmsi:373695000/vessel:CLOV%20FPSO

Pense neste caso: você tem um vaso sob pressão contendo um gás inflamável. Este vaso foi projetado e fabricado para suportar uma determinada pressão e, obviamente, existe uma pressão interna máxima que este vaso consegue suportar, pressão a partir da qual o material sofre literalmente uma ruptura devido à limitação mecânica de seu material, formato, etc., portanto, este vaso deve trabalhar sempre numa pressão tal que o material suporte as forças internas e não se rompa.

Agora imagine que em determinado momento ocorra algum evento que culmine no aumento expressivo dessa pressão interna deste vaso, e caso a pressão continue a aumentar o vaso inevitavelmente explodirá. É óbvio que devem ser tomadas medidas que garantam que este cenário nunca ocorra. Aí entram as PSV's que são válvulas que ao atingirem uma determinada pressão pré-ajustada (esta pressão deve ser maior que a pressão de operação e menor que a pressão máxima admissível do equipamento a ser protegido) ela se abre automaticamente aliviando a pressão interna e mantendo o vaso íntegro e seu entorno seguro.

Dependendo do gás presente no vaso essas PSV's podem simplesmente jogar este material para a atmosfera, mas quando se trata de um gás inflamável, a liberação desse gás para a atmosfera geraria um outro problema gravíssimo: a formação de uma atmosfera explosiva descontrolada que poderia ignitar causando uma grande explosão. É justamente para esses momentos que existe o *flare*!

Toda despressurização de gases e vapores inflamáveis, seja por abertura de válvulas de segurança ou por despressurizações intencionais (que ocorrem frequentemente por diversos motivos), é direcionada para a tubulação do *flare*, e chegando lá ocorre uma queima controlada, os gases são incendiados imediatamente liberando na atmosfera apenas os produtos da combustão, que não oferecem risco de explosão.

Somado a esse quesito de segurança, muitas vezes os produtos da queima (CO2, água, e outros contaminantes em menor quantidade) contribuem muito menos para o efeito estufa e aquecimento global que o próprio gás antes da queima, aliando ao *flare* um importante apelo ambiental. Vale lembrar que a chama deve permanecer acesa o tempo todo em que exista a possibilidade de despressurizações.

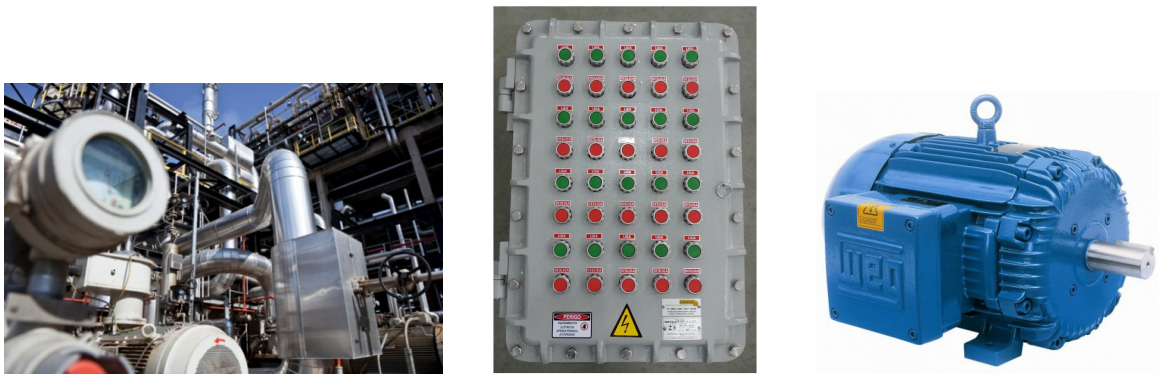
12.2.2 Equipamentos Elétricos

Dentre as fontes de risco de uma área classificada destacam-se todas e quaisquer atividades que envolvam eletricidade. Como visto anteriormente, com a exceção de alguns raros tipos de equipamentos, no geral as atividades que envolvem o uso de energia elétrica são tidas como atividades a quente e precisam de cuidados especiais.

Na rotina agitada de todo ambiente industrial a eletricidade está por todos os cantos, isso inclui a unidade industrial aqui apresentada. Muitos são os serviços e equipamentos que envolvem fontes de ignição elétricas, dentre elas pode-se destacar a presença de instrumentos, motores, luminárias, painéis elétricos, eletrodutos, conexões, aquecedores bem como a existência de salas elétricas, subestações, atividades do dia-a-dia como soldagem elétrica, uso de furadeiras, lixadeiras, ventiladores dentre outros. Alguns exemplos de equipamentos tipicamente presentes no setor industrial estão mostrados na figura 16.

É muito importante também considerar os fenômenos eventuais aos quais toda instalação está sujeita como a ocorrência de descargas atmosféricas e o acúmulo de eletricidade estática devido ao fluxo de produtos dentro de vasos e tubulações.

Figura 11 - Equipamentos Elétricos Típicos na Indústria



Fonte: http://www.perfectaproj.com.br/servico/24/instrumentaaao-industrial; http://comercialex.com.br/web/review/product/list/id/134/ e https://www.weg.net/institutional/BR/pt/news/produtos-e-solucoes/weg-recebe-certificacao-iecex-para-motores-ex

12.3 Desafios Da Aplicação Prática Das Normas Na Indústria - Correções E Sugestões De Melhorias

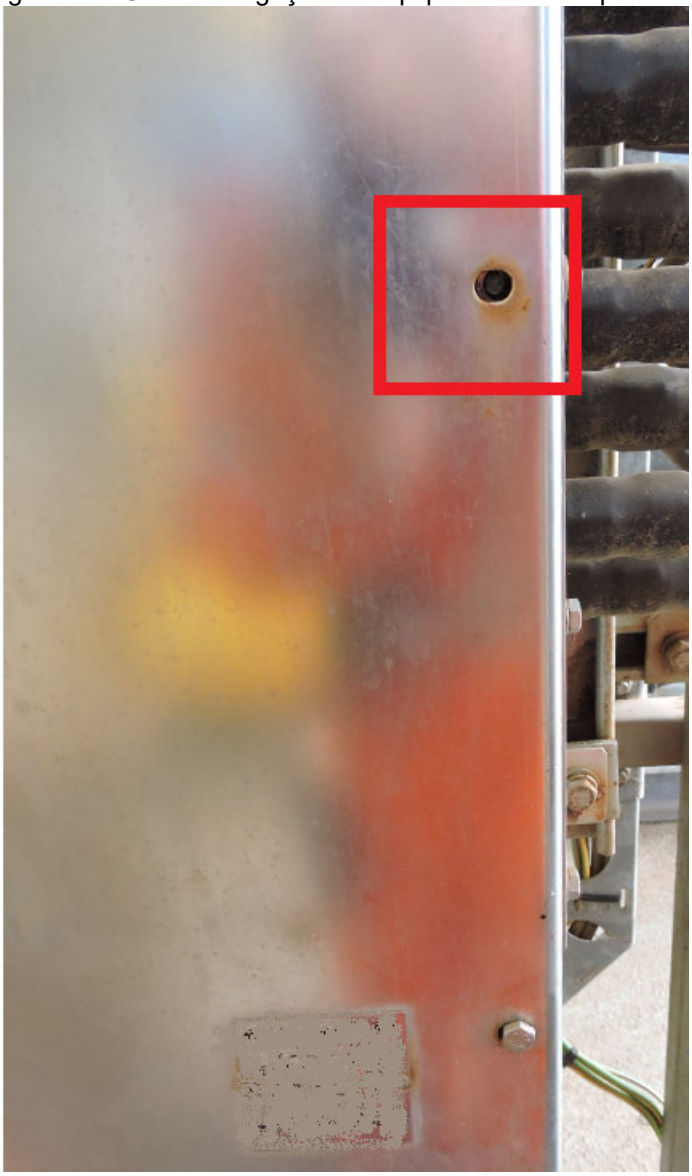
Até este ponto do trabalho foi exposto o conteúdo das normas e como elas devem ser aplicadas nos mais diversos setores da indústria. Tratou-se até aqui das previsões normativas e instruções que devem ser seguidas por todas as empresas situadas no Brasil, porém, no dia-a-dia industrial, algumas situações divergentes ou não previstas nas normas são observadas e, obviamente, esses casos merecem uma tratativa mais cuidadosa ou uma correção imediata visando o aprimoramento da segurança das instalações, do meio ambiente e das pessoas.

Nesse contexto apresentado os desafios podem, ainda, ser divididos em três categorias, a primeira se refere à falhas comuns de equipamentos, que são falhas impossíveis de ser eliminadas e são previstas para acontecer com o passar do tempo, como, por exemplo, a corrosão e suas consequências. A segunda categoria diz respeito a situações tais que não apresentem divergências das normas vigentes, mas que podem ser melhoradas - por não haver tratamento específico nas normas ou que, apesar de atenderem as normas não estejam seu ponto ótimo -. A terceira (e mais gravosa) categoria trata de situações onde existe divergência da prática com a teoria, ou seja, quando as normas não são observadas na prática, seja por falhas de projeto ou por negligência.

Foram identificados desafios nas duas primeiras categorias, falhas comuns de equipamentos e situações em conformidade com as normas, mas que receberam sugestões de melhoria. Neste estudo não foi identificado nenhum item da terceira categoria, ou seja, um desvio de norma. Agora falar-se-á desses casos práticos sob a ótica da unidade industrial que é objeto deste trabalho.

12.3.1 Problemas Comuns De Falha De Equipamentos

Figura 17 - Caixa de Ligação de Equipamento Sem parafuso

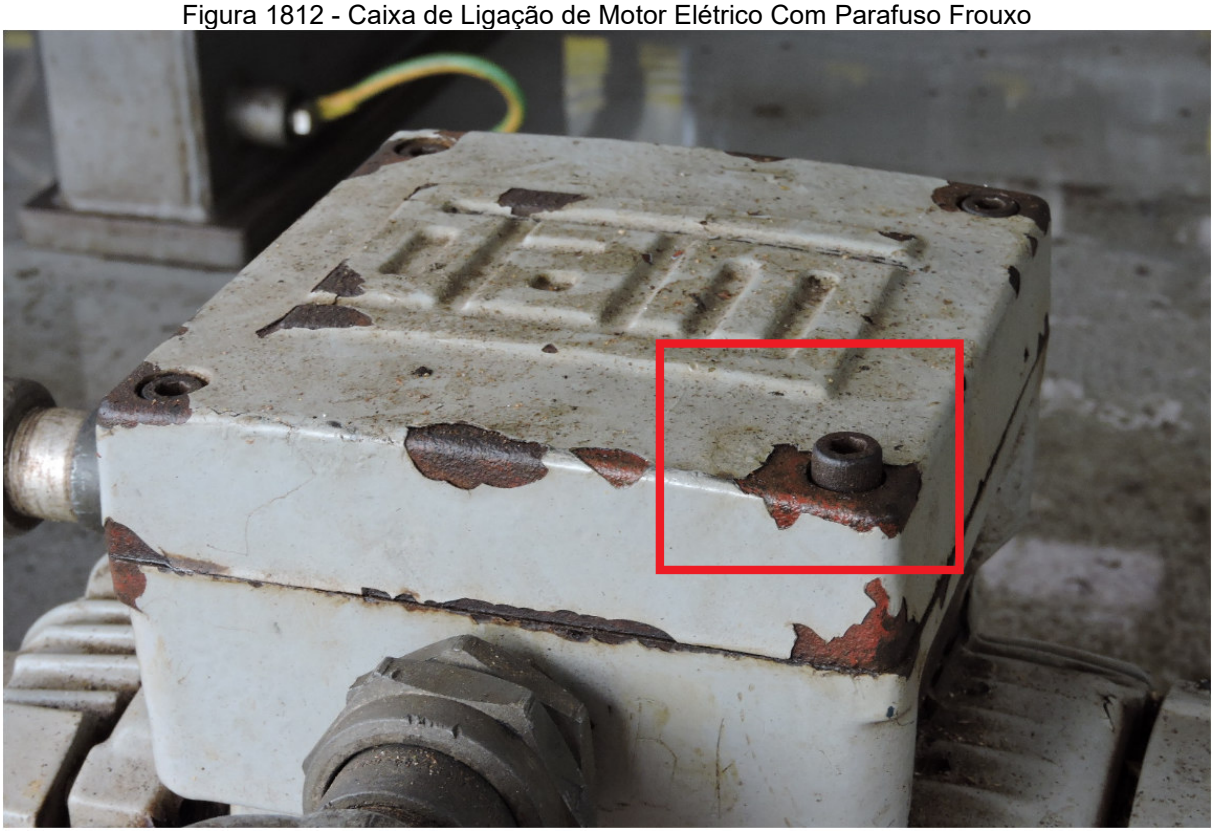


Fonte: Produção própria do autor.

Problema encontrado: Caixa de ligação de equipamento faltando um dos parafusos que garante a não entrada de gases no interior do invólucro.

Ação tomada: solicitada a imediata reposição do parafuso do invólucro para o reestaabelicimento da característica Ex da caixa.

Figura 1812 - Caixa de Ligação de Motor Elétrico Com Parafuso Frouxo

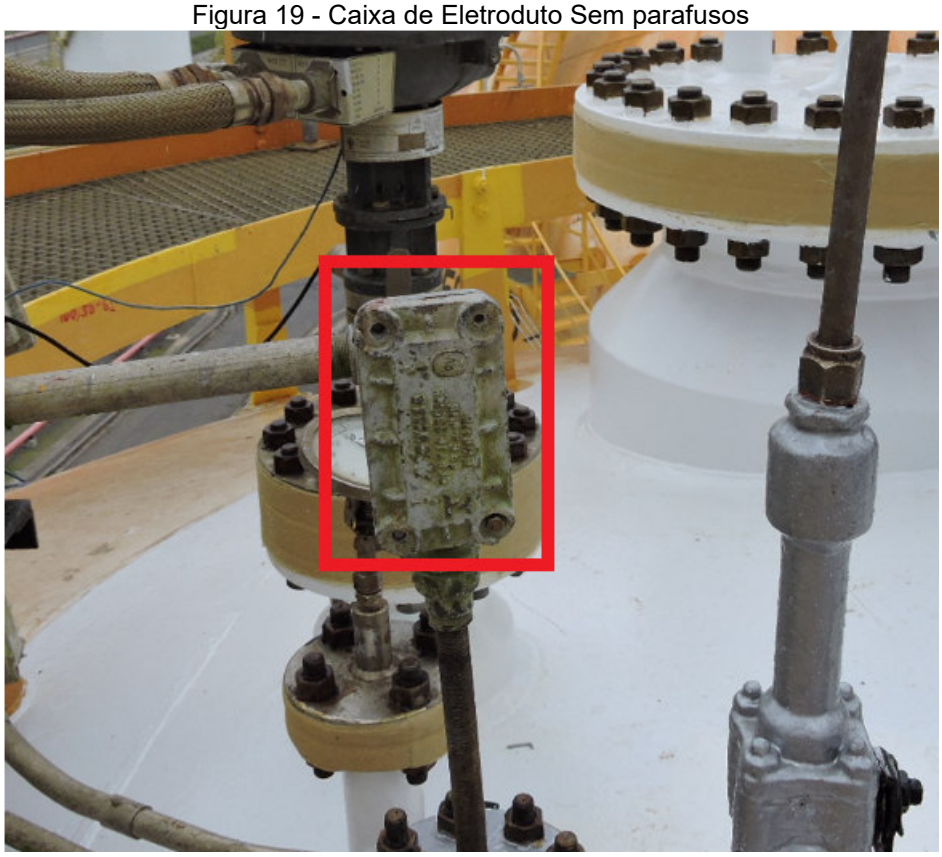


Fonte: Produção própria do autor.

Problema encontrado: Caixa de ligação de um motor elétrico Ex-d, onde um de seus parafusos encontrava-se “frouxo” não garantindo, assim, a proteção Ex-d.

Ação tomada: Solicitada a equipe de manutenção elétrica o reaperto imediato do parafuso ou sua substituição caso o reaperto não fosse possível.

Figura 19 - Caixa de Eletroduto Sem parafusos



Fonte: Produção própria do autor.

Problema encontrado: caixa de passagem de cabos Ex-d sem parafusos (parafusos oxidaram, estufaram e quebraram dentro da caixa)

Ação tomada: solicitada à equipe responsável a imediata reposição dos parafusos ou a substituição da caixa por uma nova, em caso de impossibilidade de reposição dos parafusos.

Figura 20 - Prensa-Cabos Solto do Invólucro

Fonte: Produção própria do autor.

Problema encontrado: Prensa-cabos (plástico) solto da caixa de ligação de instrumentos.

Ação tomada: Solicitada a imediata substituição do prensa-cabos por outro de material metálico

Figura 21 - Invólucro Ex-p Com Pressão Insuficiente

Fonte: Produção própria do autor.

Problema encontrado: Invólucro Ex-p com indicação de pressão insuficiente no manômetro da caixa.

Ação tomada: imediata desenergização do painel e realização de testes para saber se o invólucro estava realmente sem pressão suficiente ou se o problema era apenas na indicação do instrumento. Solicitado reparo.

Figura 22 - Porta de Ambiente Pressurizado Quebrada

Fonte: Produção própria do autor.

Problema encontrado: Porta de sala elétrica pressurizada (subestação) encontrava-se com a fechadura quebrada, impossibilitando o fechamento da porta (devido à própria pressurização interna, a porta era forçada a abrir).

Ações tomadas: Solicitação de compra de uma porta nova e seu imediato reparo. A figura 36 a seguir mostra a solução do problema com a porta já consertada.

Figura 23 - Porta de Sala Pressurizada Após Conserto

Fonte: Produção própria do autor.

12.3.2 Sugestões De Melhorias

Embora alguns itens encontravam-se de acordo com as exigências das normas pertinentes estudadas ao longo deste trabalho, algumas sugestões foram realizadas visando dirimir problemas práticos vividos no cotidiano da unidade.

Esta seção do trabalho tem por finalidade apenas sugerir modificações. A não implementação prática das sugestões aqui elencadas não implica no descumprimento de nenhuma norma vigente.

12.3.2.1 Luminárias Para Áreas Classificadas (Ex)

Um problema recorrente da unidade é a quebra de luminárias Ex (e em alguns casos isso inclui a queda delas). A maior parte das luminárias da unidade são do modelo ilustrado nas figuras a seguir. O grande problema dessas luminárias é sua forma de

instalação, suas características construtivas e, portanto, intrínsecas ao modelo e as condições climáticas da região na qual está situada a unidade em estudo.

Essas luminárias possuem proteção por invólucro à prova de explosão (certificação Ex-d), o que faz com que seu corpo seja formado por material metálico resistente e de espessura considerável. A complicação é que ao ponto que se tem boa robustez - adquirida pelo corpo metálico à prova de explosão – se tem um peso enorme, como pode ser visto na figura 24.

Soma-se a isso uma instalação tal que todo o peso é sustentado por eletrodutos finos (de meia polegada de seção transversal). E ainda se tem um ambiente de exposição a intempéries severas como sol, chuva e fortes forças causadas pelos ventos – forças essas que são agravadas pela grande cúpula branca (parte refletora) da luminária-.

Figura 24 – Modelo de Luminária Ex a Ser Substituída

Fonte: Produção própria do autor.

Além dos obstáculos anteriores, existe o fato de que em determinados pontos da unidade este mesmo modelo de luminária é instalado numa altura livre do solo muito baixa, de modo a receber vários golpes de capacetes de trabalhadores distraídos que circulam pelo local. A foto da figura 25 mostra um desses pontos. Na imagem pode-se observar como a luminária encontra-se amassada em decorrência desses golpes.

Figura 25 - Luminárias Com Baixa Altura Livre do Solo

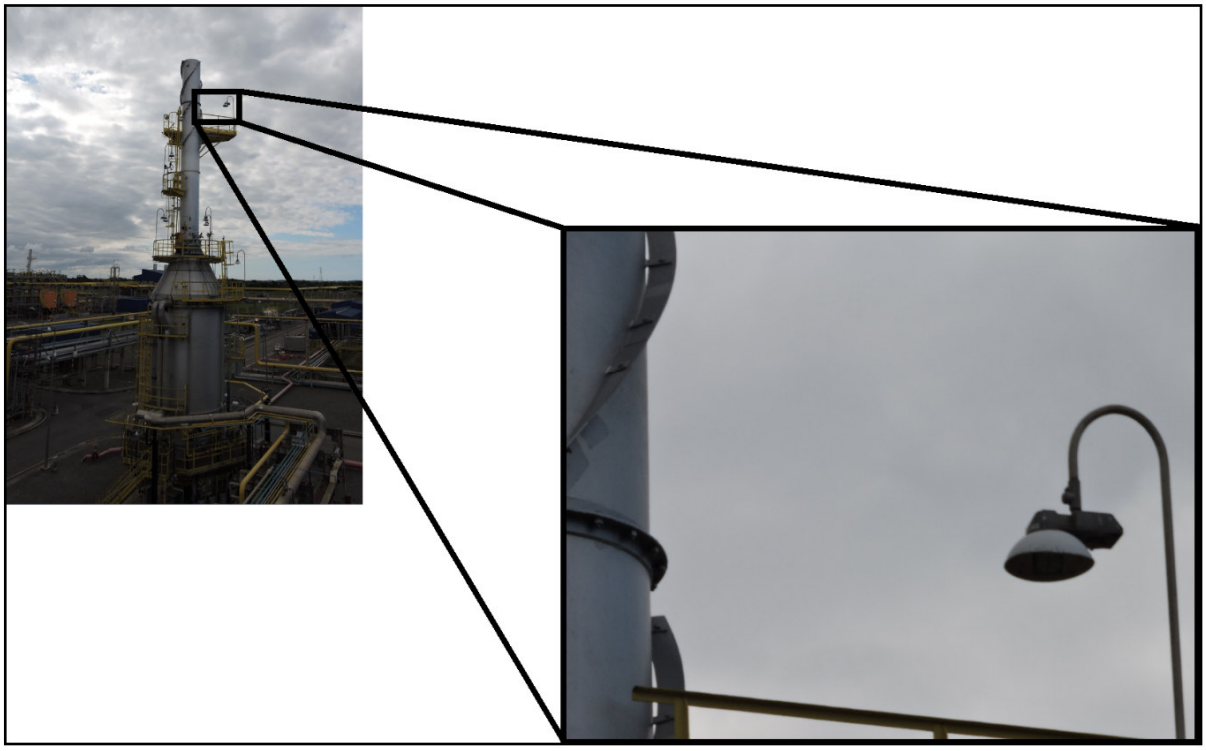
Fonte: Produção própria do autor.

Por fim, existem ainda luminárias situadas a grandes altitudes como pode ser visto na figura 26. Como existem muitas dessas luminárias e elas estão instaladas em postes e no topo de equipamentos muito altos, além de estarem sujeitos a ventos ainda mais fortes (devido à altura), existe uma maior dificuldade em se identificar a

necessidade de troca e de realizar a substituição propriamente dita. Soma-se a isso um maior risco de acidente no caso de falha desses equipamentos.

A quebra dessas luminárias representa um risco que não se resume apenas ao comprometimento da proteção Ex das mesmas, mas representa um risco à integridade dos trabalhadores, pois a quebra desses equipamentos pode resultar em sua queda parcial, onde ficam penduradas apenas pelos cabos elétricos que a alimentam, bem como em quedas totais.

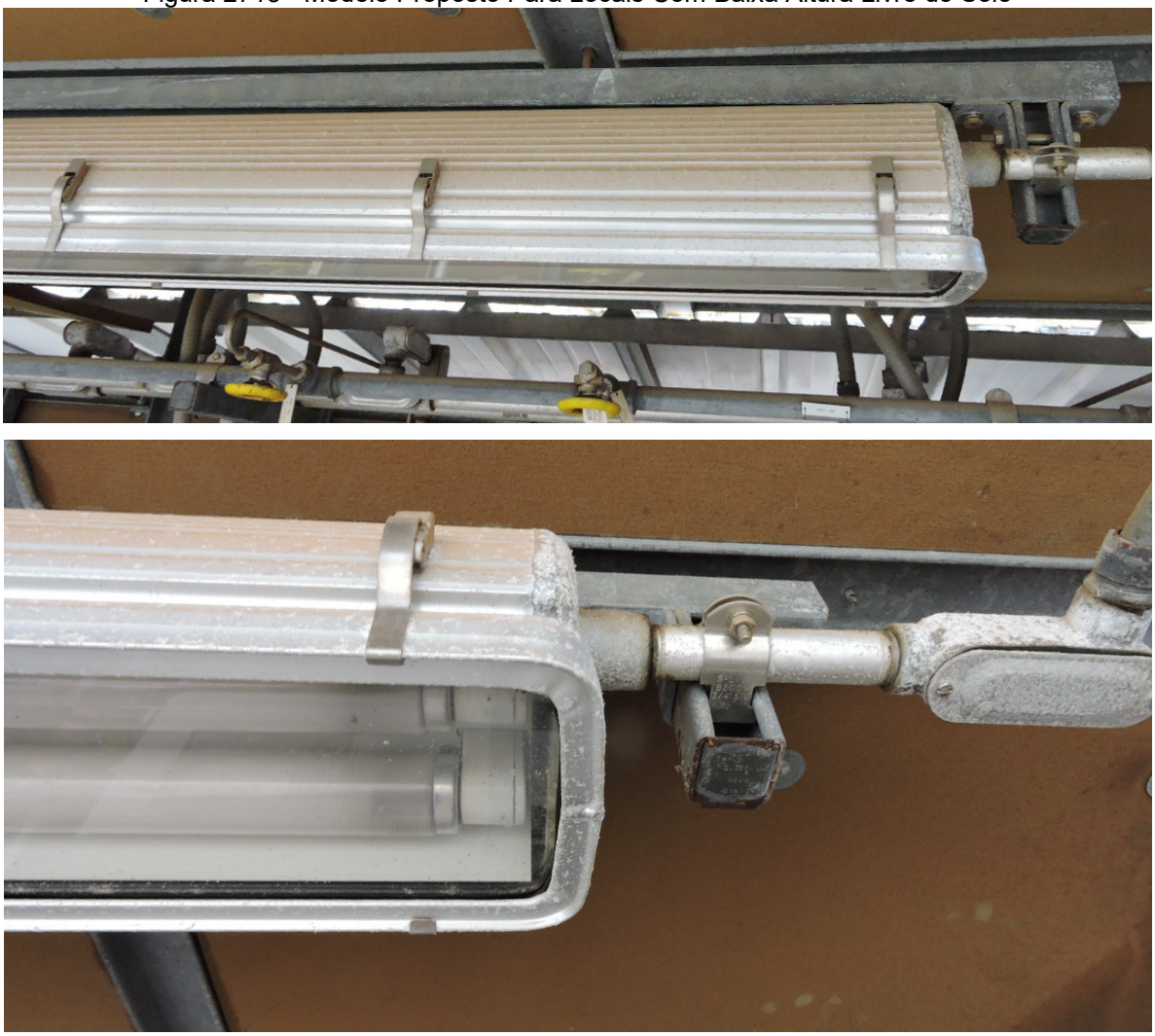
Figura 26 - Exemplo de Luminária Sujeita a Grande Altitude



Fonte: Produção própria do autor.

A recomendação dada aqui é diferente para os dois casos apresentados. Para as luminárias instaladas em pequenas alturas em vias de circulação de membros da força de trabalho e que oferecem riscos mecânicos de colisão, a tratativa recomendada é a imediata substituição deste modelo pelo modelo da figura 27, que além de ter um comprimento menor (resultando numa altura livre maior para a circulação) é mais resistente aos eventuais choques mecânicos que, por ventura, ainda venham a acontecer.

Figura 2713 - Modelo Proposto Para Locais Com Baixa Altura Livre do Solo



Fonte: Produção própria do autor.

Já para as demais luminárias deste modelo, orienta-se, por motivos financeiros, que sua substituição seja feita de maneira gradual, à medida que apresentem falhas ou algum indicativo de falha iminente, como oxidação severa, entortamento, dentre outros.

O modelo substituto para esses casos pode ser tanto o modelo anterior (da figura 27), quanto o modelo apresentado a seguir na figura 28, que, embora seja parecido com o modelo problemático, possui um design reduzido - diminuindo seu peso de forma considerável - e diferenciado que lhe confere uma resistência mecânica maior (por causa de seu ângulo de instalação).

Esses dois modelos sugeridos foram escolhidos por já serem utilizados na própria unidade o que, por um lado, facilita sua aquisição, manutenção e substituição, por se tratar de um equipamento familiar às equipes de manutenção de integridade da planta e, por outro lado, já tiveram sua eficácia posta à prova e apresentaram ótimos resultados, uma vez que permanecem muito mais íntegros em face do modelo a ser substituído, sendo assim mais adequados ao uso e às aplicações exigidas neste caso concreto.

Figura 28 - Modelo de Luminária Proposto Para os Demais Casos

Fonte: Produção própria do autor.

12.3.2.2 Ambientes Pressurizados - Subestações

Na unidade em estudo existem algumas subestações (salas elétricas) que, apesar de encontrarem-se fora dos limites da zona 2 (portanto, fora de áreas classificadas) são ambientes protegidos por pressurização.

A ABNT NBR IEC 60079-13[81], que trata de ambientes e construções protegidos por pressurização, exige que todas as portas desses ambientes sejam sinalizadas na parte externa com os seguintes dizeres:

"Aviso – Ambiente pressurizado - Feche esta porta."

Sendo assim, mesmo que nesse caso (por estarem fora da área classificada) a norma não exija esse aviso, seria interessante que as salas o possuíssem, uma vez que se tratam de ambientes pressurizados e a manutenção da porta fechada exige menos dos compressores e garante maior confiabilidade ao sistema de pressurização interna. Portanto a sugestão aqui é a afixação deste aviso em todas as portas de construções e ambientes pressurizados.

12.3.2.3 Realocação Do Contêiner Habitacional De Apoio Às Equipes Operacionais

Devido à eventuais necessidades de intervenção veloz e imediata por parte da equipe de operação da planta, seja para garantir a continuidade do processo, qualidade do produto final ou até mesmo para evitar ou minimizar acidentes, faz-se necessária a instalação de salas de apoio operacional em locais estratégicos que sejam perto o bastante para uma abordagem rápida, mas longe o suficiente para garantir que estas estejam fora das zonas 0, 1 e 2.

Atualmente, uma dessas salas de apoio além de ser constituída de módulos habitacionais formados por contêineres, possui diversos aparelhos eletrônicos não certificados para atmosferas explosivas e nem possui pressurização positiva.

Apesar desta sala de apoio em questão estar localizada fora do raio da zona 2, sua localização fica imediatamente na fronteira da zona 2. Além desta proximidade, há salas elétricas ainda mais afastadas que o contêiner que possuem um grau de proteção extra (por pressurização).

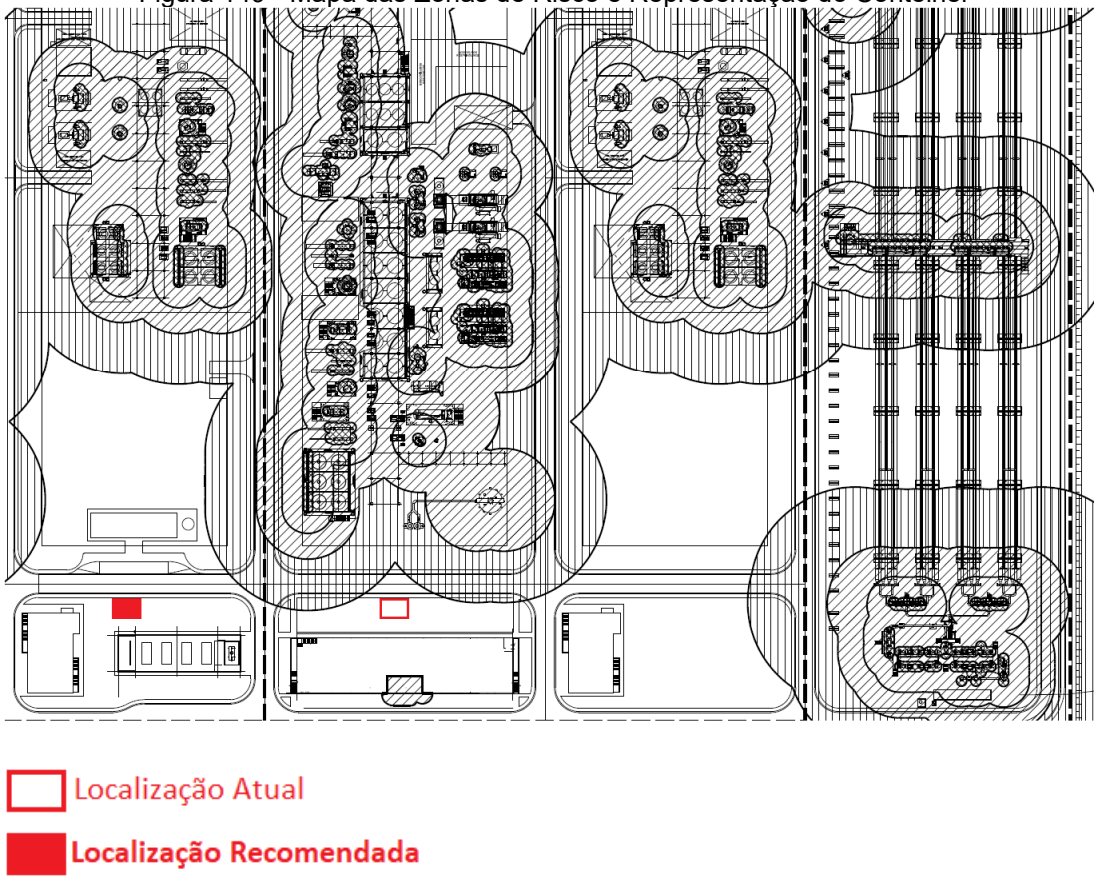
---

[81] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR IEC 60079-13:** Construção e Utilização de Ambientes Ou Edificações Protegidas Por Pressurização. Disponível em: <http://www.abntcatalogo.com.br/normagrid.aspx>. Acesso em: 06 de outubro de 2018.

A sugestão neste caso é mudar o ponto de instalação dos contêineres. Apenas uma quadra ao lado tem-se uma segurança maior (dada pela distância segura da área classificada), e um fator relevante nesse caso é o fato de a sala ser composta por contêineres, o que torna sua remoção do ponto atual para o ponto sugerido muito rápida e de baixíssimo custo para a empresa.

A situação pode ser melhor compreendia ao se fazer uma análise comparativa da figura 29 a seguir, nela pode-se ver claramente tanto a proximidade da localização atual para a zona 2, quanto a distância muito mais segura (em relação à área classificada) na nova posição sugerida.

Figura 149 - Mapa das Zonas de Risco e Representação do Contêiner



Fonte: Produção própria do autor.

13 CONCLUSÕES

Em quadro conclusivo, nos últimos anos se observou um grande avanço das atividades industriais, onde são encontrados processos e produtos cada vez mais diversificados e complexos.

Estes processos muitas vezes utilizam substâncias inflamáveis, seja como matéria-prima, seja como produtos ou subprodutos do processo. Tais substâncias são parte fundamental de suas atividades e não podem ser excluídas da cadeia produtiva. Trata-se de um problema que surgiu na época da revolução industrial e vem se agravando a cada dia desde então.

Concomitantemente ao advento das atividades industriais, se deu origem ao conceito atual de segurança no trabalho e saúde ocupacional. Como as atividades tornaram-se mais perigosas e insalubres, os métodos de controle e contingenciamento desses riscos tiveram de acompanhar essa evolução, também, em ritmo acelerado.

Pensando especificamente nas indústrias que trabalham com gases e vapores inflamáveis em algum momento de sua cadeia de produção, a Comissão Eletrotécnica Internacional – IEC (na qual o Brasil é representado pela ABNT) criou uma série de padrões dedicados à regulamentação das atividades com equipamentos elétricos em áreas classificadas.

A norma é bem ampla e específica e trata dos diversos tipos de equipamentos Ex e instalações disponíveis no mercado, bem como seus métodos de ensaios e certificação necessários, tornando este tipo de equipamentos em dispositivos altamente confiáveis, à altura dos riscos aos quais serão expostos.

Não obstante, a norma prevê ainda métodos de ensaios e certificação de tipos de equipamentos ainda inexistentes, visando dar maior autonomia para que o mercado exerça sua criatividade e poder de inovação de maneira mais livre, veloz e rentável.

Diante dessa situação e, conforme elucidado no presente trabalho, chega-se à conclusão que a indústria está bem protegida no que tange à disponibilidade no mercado e confiabilidade dos equipamentos do tipo Ex, bem como no referido às instalações e operações de equipamentos elétricos no interior de áreas classificadas.

No que se refere ao estudo realizado nesta unidade de tratamento de gás, apesar de terem sido encontradas algumas pequenas falhas em equipamentos específicos, o resultado geral foi positivo e adequado, uma vez que o número de falhas foi pequeno quando avaliado o universo de equipamentos existentes na unidade, bem como não foram encontradas não conformidades formais (em relação às normas vigentes) na instalação.

As falhas encontradas foram decorrência de quebras pontuais e esperadas de equipamentos e não de falhas de projeto ou de inobservância das diversas normas que regulamentam tais atividades. Portanto, a unidade estudada se saiu bem nesta auditoria desde a parte de projeto até a parte que trata das instalações, manutenção e operação desses equipamentos.

Apesar da conformidade formal com todos os padrões, algumas recomendações que visam melhorias na segurança foram feitas baseadas, não na teoria normativa envolvida, mas sobre resultados de observações e análises práticas da rotina operacional da unidade. Tais recomendações possuem caráter sugestivo e não vinculam a empresa em executá-las, caberá aos gestores avaliarem se irão acatá-las ou não.

14 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Como complementação à esta dissertação poderão ser realizados trabalhos semelhantes - tanto na própria companhia como fora dela - para a verificação das demais unidades brasileiras ou estrangeira quanto à observância das normas na fase de projeto e seu fiel cumprimento durante o período de funcionamento da referia unidade

Não obstante seria, também, interessante a realização de um trabalho comparativo entre os diversos tipos de proteção existentes para se determinar qual seria o melhor tipo de proteção de equipamento em quais situações. Neste comparativo deverão ser avaliados o método de proteção, as possíveis aplicações, confiabilidade, complexidade e é claro custos de aquisição e manutenção.

Sugere-se também a realização de estudos mais específicos que visem elaborar testes e ensaios dos tipos de proteção disponíveis atualmente detalhando todo o procedimento adotado, resultados e custos.

Como trata-se de um problema com várias soluções e como a própria norma já previu o nascimento de novos equipamentos e métodos (com a seção que trata dos equipamentos do tipo Ex-s), seria cabível, também, avaliar os tipos de dispositivos surgentes quanto à sua eficácia, juntamente com uma análise dos ensaios previstos na norma para este tipo de proteção, no sentido de avaliar se estes ensaios bastam para garantir a segurança e confiabilidade de todos os aspectos do equipamento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

123RF. **Imagens - Gas Turbine.** Disponível em: < https://br.123rf.com/photo_19408467_turbina-a-g%C3%A1s.html >. Acesso em: 22 de setembro de 2018.

Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocumbustíveis - ANP. **Gás Natural.** Disponível em: <http://www.anp.gov.br/gas-natural>. Acesso em: 17 de junho de 2018.

Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocumbustíveis - ANP . **Informações Sobre A Gasolina Vendida No Brasil.** Disponível em: <http://www.anp.gov.br/images/Notas_Tecnicas/Nota-Tecnica_Gasolina-Formulada_2018fev.pdf>. Acesso em: 17 de junho de 2018.

ALPHA Equipamentos Elétricos. **Informativo Técnico.** Disponível em: <https://www.alpha-ex.com.br/images/legislacao/informativotecnico.pdf>. Acesso em: 17 de julho de 2018

Appleton. **Protegendo Suas Instalações.** Disponível em: <https://pt.slideshare.net/Tomarevski/nutsteel-guia-ex>. Acesso em: 24 de setembro de 2018.

Artsensor soluções em segurança. **Extinção de Incêndios.** Disponível em: <http://www.artsensor.pt/solucoes_incendio-extincao.htm >. Acesso em: 13 de junho de 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR IEC 60079-0:** Requisitos Gerais. Disponível em:<http://www.abntcatalogo.com.br/normagrid.aspx>. Acesso em: 06 de junho de 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR IEC 60079-1:** Invólucros à prova de Explosão “d”. Disponível em: <http://www.abntcatalogo.com.br/normagrid.aspx>. Acesso em: 06 de junho de 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR IEC 60079-10:** Classificação de Áreas. Disponível em: <http://www.abntcatalogo.com.br/normagrid.aspx>. Acesso em: 06 de junho de 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR IEC 60079-13:** Construção e Utilização de Ambientes Ou Edificações Protegidas Por Pressurização.

Disponível em: <http://www.abntcatalogo.com.br/normagrid.aspx>. Acesso em: 06 de outubro de 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR IEC 60079-14:** Instalação elétrica em áreas classificadas (exceto minas). Disponível em: <http://www.abntcatalogo.com.br/normagrid.aspx>. Acesso em: 06 de junho de 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR IEC 60079-15:** Construção, Ensaio e Mercação de Equipamentos Elétricos Com Tipo de Proteção “n”. Disponível em:<http://www.abntcatalogo.com.br>. Acesso em: 06 de junho de 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR IEC 60079-18:** Proteção de Equipamento Por Encapsulamento “m”. Disponível em:<http://www.abntcatalogo.com.br>. Acesso em: 06 de junho de 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR IEC 60079-2:** Invólucros Pressurizados. Disponível em: <http://www.abntcatalogo.com.br/normagrid.aspx>. Acesso em: 06 de junho de 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR IEC 60079-25:** Sistemas Elétricos Intrinsecamente Seguros. Disponível em:<http://www.abntcatalogo.com.br>. Acesso em: 06 de junho de 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR IEC 60079-26:** Equipamento Com Nível de Proteção de Equipamento (EPL) Ga. Disponível em: <http://www.abntcatalogo.com.br/normagrid.aspx>. Acesso em: 06 de junho de 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR IEC 60079-29-4:** Detectores de Gás – Requisitos de Desempenho de Detectores de Caminho Aberto Para Gases Inflamáveis. Disponível em:<http://www.abntcatalogo.com.br>. Acesso em: 06 de junho de 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR IEC 60079-33:** Proteção de Equipamentos Por Proteção Especial “s”. Disponível em:<http://www.abntcatalogo.com.br>. Acesso em: 06 de junho de 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR IEC 60079-5:** Imersão Em Areia “q”. Disponível em: <http://www.abntcatalogo.com.br/normagrid.aspx>. Acesso em: 06 de junho de 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR IEC 60079-6:** Proteção de Equipamento Por Imersão Em Líquido “o”. Disponível em: <http://www.abntcatalogo.com.br/normagrid.aspx>. Acesso em: 06 de junho de 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR IEC 60079-7:** Proteção de Equipamentos Por Segurança Aumentada “e”. Disponível em:<http://www.abntcatalogo.com.br>. Acesso em: 06 de junho de 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR IEC 60529:** Graus de proteção para invólucros de equipamentos elétricos (código IP). Disponível em:<http://www.abntcatalogo.com.br>. Acesso em: 29 de setembro de 2018

ATKINS, Peter; JONES, Loretta. **Princípios de Química:** Questionando a Vida Moderna e o Meio Ambiente**.** Porto Alegre: Bookman, 2011.

Bessa, Dirney; Oliveira, Caio. **Engenharia Naval e Oceânica, Projeto de Sistemas Oceânicos II.** Disponível em:<http://www.deno.oceanica.ufrj.br/deno/prod_academic/relatorios/2014/Dirney_caio/relat1/Daembarcacao_rev12.htm>. Acesso em: 28 de julho de 2018.

Bitencourt, Celso Lima; Quelhas, Osvaldo Luis Gonçalves. **Histórico Da Evolução Dos Conceitos De Segurança.** Disponível em:< http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep1998_art369.pdf >. Acesso em: 12 de setembro de 2018.

Bulgarelli, Roberval. **Subcomitê SC-31 do COBEI (ABNT/CB-003) – Atmosferas Explosivas.** Disponível em: <http://cobei-sc-31-atmosferas-explosivas.blogspot.com/2012/11/sinalizacao-de-seguranca-de-areas.html>. Acesso em: 24 de junho de 2018.

CAMPIMED saúde ocupacional. **Criação e modificação das NRs – Normas Regulamentadoras**. Disponível em: < http://campimed.com.br/interna/186/criacao-e-modificacao-das-nrs-normas-regulamentadoras/496>. Acesso em: 29 de junho de 2018.

Comercial Ex. **Produtos.** Disponível em: <http://comercialex.com.br/web/review/product/list/id/134/>. Acesso em: 22 de setembro de 2018.

Companhia Ambiental do Estado de São Paulo - CETESB. **Perigos Associados Às Substâncias Químicas.** Disponível em: < http://emergenciasquimicas.cetesb.sp.gov.br/aspectos-gerais/perigos-associados-as-substancias-quimicas/liquidos-inflamaveis/ >. Acesso em: 14 de junho de 2018.

Companhia de Gás de Minas Gerais - GASMIG. **Gás Natural:** Composição. Disponível em: <http://www.gasmig.com.br/GasNatural/Paginas/Composicao.aspx>. Acesso em: 17 de junho de 2018.

CROWCON – Detecting Gas Saving Lives. **Flame Detectors.** Disponível em: <https://www.crowcon.com/uk/products/fixed-detectors/flame-detectors.html>. Acesso em: 17 de setembro de 2018.

EMERSON. **Automations Solutions.** Disponível em: <https://www.emerson.com/en-us/catalog/rosemount-975hr>. Acesso em: 17 de setembro de 2018.

Fundação Jorge Duprat e Figueiredo – **FUNDACENTRO.** Disponível em:< http://www.fundacentro.gov.br/institucional/missao >. Acesso em: 12 de setembro de 2018.

Fundação Jorge Duprat e Figueiredo – **FUNDACENTRO.** Disponível em:< http://www.fundacentro.gov.br/institucional/historia>. Acesso em: 12 de setembro de 2018.

Gomes, Vagner Mendes; Soares, Gonçalo de Jesus. **Instalações Elétricas Em Atmosfera Explosiva.** Disponível em: <https://semanaacademica.org.br/system/files/artigos/instalacoes_eletricas_em_atmosfera_explosiva.pdf>. Acesso em: 22 de setembro de 2018.

Google. **Google Maps.** Disponível em:< https://www.google.com.br/maps>. Acesso em: 03 de setembro de 2018.

Mantecon, Vitor Sued. **Instalações Elétricas Em Atmosferas Explosivas.** Disponível em: <http://www.producao.ufrgs.br/arquivos/disciplinas/492_inst_explosiva.pdf>. Acesso em: 22 de setembro de 2018.

Marine Traffic. **FPSO CLOV.** Disponível em: https://www.marinetraffic.com/th/ais/details/ships/shipid:465467/imo:9630951/mmsi:373695000/vessel:CLOV%20FPSO>. Acesso em: 06 de outubro de 2018.

Ministério do Trabalho. **NORMA REGULAMENTADORA 1:** Disposições Gerais. Disponível em: < http://trabalho.gov.br/images/Documentos/SST/NR/NR1.pdf>. Acesso em: 06 de junho de 2018.

Ministério do Trabalho. **NORMA REGULAMENTADORA 10:** Segurança em Instalações e Serviços Com Eletricidade. Disponível em: <http://trabalho.gov.br/images/Documentos/SST/NR/NR10.pdf >. Acesso em: 22 de junho de 2018.

Ministério do Trabalho. **NORMA REGULAMENTADORA 20:** Segurança e Saúde No Trabalho Com Inflamáveis e Combustíveis. Disponível em: <http://trabalho.gov.br/images/Documentos/SST/NR/NR20.pdf >. Acesso em: 06 de outubro de 2018.

Ministério do Trabalho. **NORMA REGULAMENTADORA 33:** Segurança e Saúde Nos Trabalhos Em Espaços Confinados. Disponível em: <http://trabalho.gov.br/images/Documentos/SST/NR/NR33.pdf >. Acesso em: 13 de julho de 2018

Ministério do Trabalho. **NORMA REGULAMENTADORA 34:** Condições e Meio Ambiente de Trabalho Na Indústria da Construção, Reparação e Desmonte Naval. Disponível em: <http://trabalho.gov.br/images/Documentos/SST/NR/NR-34.pdf >. Acesso em: 13 de julho de 2018.

MINISTÉRIO PÚBLICO DO TRABALHO - MPT. **Observatório Digital de Saúde e Segurança do Trabalho.** Disponível em: <https://observatoriosst.mpt.mp.br/>. Acesso em: 30 de maio de 2018.

Perfecta. **Instrumentação Industrial.** Disponível em: <http://www.perfectaproj.com.br/servico/24/instrumentaaao-industrial>. Acesso em: 22 de setembro de 2018.

Petróleo Brasileiro S.A. - PETROBRAS **Gás Natural:** Composição. Disponível em: <http://sites.petrobras.com.br/minisite/assistenciatecnica/public/downloads/manual-tecnico-gas-liquefeito-petrobras-assistencia-tecnica-petrobras.pdf>. Acesso em: 11 de junho de 2018.

Polar. **Prensa Cabos e Acessórios.** Disponível em: <http://www.polarb2b.com/produto/prensa-cabo-armado-universal-exde-5-5-a-12-0-mm-size-os-rosca-m20-latao-niquelado>. Acesso em: 22 de setembro de 2018.

Qualidadeonline's Blog. **Atmosferas explosivas: usando equipamentos elétricos de forma segura.** Disponível em: <https://qualidadeonline.wordpress.com/2013/07/31/atmosferas-explosivas-usando-equipamentos-eletricos-de-forma-segura/>. Acesso em: 12 de setembro de 2018.

SIEMENS. **Turbinas a gás classe-H da Siemens excedem 200.000 horas operacionais.** Disponível em: <https://w3.siemens.com.br/home/br/pt/cc/imprensa/pages/turbinas-a-gas-classe-h-da-siemens-excedem-200-000-horas-operacionais.aspx>. Acesso em: 22 de setembro de 2018.

Universidade de São Paulo - USP. **Educação Ambiental e Cidadania:** Combustão e Energia. Disponível em: <http://www.usp.br/qambiental/combustao_energia.html >. Acesso em: 06 de junho de 2018.

WEG. **WEG recebe certificação IECEx para motores Ex.** Disponível em:< https://www.weg.net/institutional/BR/pt/news/produtos-e-solucoes/weg-recebe-certificacao-iecex-para-motores-ex >. Acesso em: 22 de setembro de 2018.

Western Safety Products Inc. **Altair 4X Multigas Detector (new 2010).** Disponível em: <http://www.westernsafety.com/products/msa2009/msa09pg8.html>. Acesso em: 17 de setembro de 2018.