

DEFINIÇÃO DE ÁREAS CLASSIFICADAS POR MODELOS DE DISPERSÃO DE GASES

ESTELLITO RANGEL JUNIOR¹

¹Eng. Eletricista, IEEE, estellito@ieee.org

Apresentado no
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC
15 a 17 de setembro de 2021

RESUMO: Este artigo aborda a execução dos documentos de classificação de áreas, indispensáveis para a execução do projeto das instalações elétricas na indústria do petróleo, e compara os resultados obtidos com o uso das figuras genéricas introduzidas pela literatura americana com os obtidos pelo uso de um software de modelagem de dispersão de gases inflamáveis.

PALAVRAS-CHAVE: Áreas classificadas. Dispersão de gases. Limites de explosividade. IEC 60079-10-1. API RP-505.

DEFINITION OF CLASSIFIED AREAS BY GAS DISPERSION MODELS

ABSTRACT: This article discusses the elaboration of area classification documents, indispensable for the development of the design of electrical installations in the oil & gas industry, and compares the results obtained with the use of generic figures introduced by the American literature with those obtained by the use of a software for flammable gases dispersion.

KEYWORDS: Classified areas. Gas dispersion. Explosive limits. IEC 60079-10-1. API RP-505.

INTRODUÇÃO

Define-se como “área classificada” a região que possua a possibilidade de ocorrência de uma atmosfera explosiva. Uma atmosfera explosiva é definida como a mistura com o ar, sob condições atmosféricas, de vapores ou gases inflamáveis, na qual, após a ignição, permite a propagação da chama de forma autossustentada. Para fins de classificação de áreas, é considerada como uma atmosfera explosiva de gás ou vapor, aquela cuja concentração da substância inflamável esteja acima de seu Limite Inferior de Explosividade (LIE).

Uma vez que os líquidos e gases inflamáveis correm no interior das tubulações e equipamentos de processo, uma atmosfera explosiva apenas será formada no ambiente quando houver liberação da substância inflamável, o que pode ocorrer em determinadas situações operacionais, como nos casos de anormalidade no processo.

Cabe ao estudo de classificação de áreas, a partir da estimativa da taxa de liberação, da ventilação do local e das características físico-químicas do produto inflamável, identificar até que distância de cada provável ponto de liberação, a concentração da mistura inflamável se manterá acima do LIE e assinalá-la nos documentos de projeto, o que permitirá então a correta especificação dos equipamentos elétricos e eletrônicos a serem instalados naquelas regiões, garantindo a segurança da planta contra explosões.

Como os desenhos de classificação de áreas são consultados também para a elaboração dos procedimentos de segurança na operação e na manutenção da unidade, é imprescindível que eles sejam elaborados com base nos dados específicos de cada planta industrial.

A indústria de petróleo e gás, por processar líquidos e gases inflamáveis a grandes volumes, pressões e vazões, é considerada a que apresenta a maior quantidade de “áreas classificadas”.

MÉTODOS

São internacionalmente conhecidas duas correntes para a classificação de áreas com relação à presença de atmosferas explosivas: a americana, cuja discriminação se dá por “Divisões”, e a da International Electrotechnical Commission (IEC), que se dá por “Zonas”. O processo de elaboração do estudo de classificação de áreas segundo cada uma delas foi analisado (Tommasini et al., 2013), e apontou-se a corrente americana como menos representativa de uma situação real, especialmente quando a liberação do produto inflamável no ambiente for sob baixa vazão ou baixa pressão.

A Tabela 1 mostra a correlação entre as definições empregadas nas duas correntes.

Tabela 1. Correlação entre as terminologias IEC e americana

IEC	Americana	Definição
Zona 0	Divisão 1	Local no qual uma atmosfera explosiva consistindo em uma mistura com o ar de substâncias inflamáveis na forma de gás, vapor ou névoa está presente continuamente, ou por longos períodos, ou frequentemente
Zona 1	Divisão 1	Local no qual uma atmosfera explosiva consistindo em uma mistura com o ar de substâncias inflamáveis na forma de gás, vapor ou névoa é provável de ocorrer, ocasionalmente, em operação normal.
Zona 2	Divisão 2	Local no qual uma atmosfera explosiva consistindo em uma mistura com o ar de substâncias inflamáveis na forma de gás, vapor ou névoa não é provável de ocorrer em operação normal e, se ocorrer, existirá somente por um curto período de tempo.

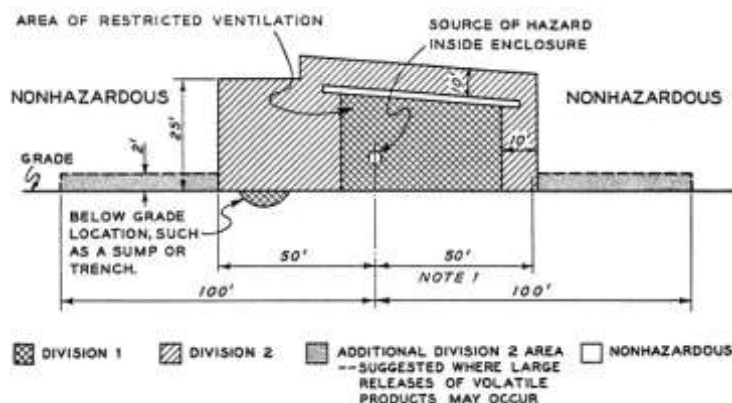
Os documentos técnicos mais consultados para a confecção dos desenhos de classificação de áreas são descritos a seguir:

API RP-500

Apesar de comumente referenciada como “norma”, este documento é uma “Prática Recomendada”, emitida pelo American Petroleum Institute (API). Foi esclarecido que enquanto uma norma estabelece os requisitos mínimos para execução de um serviço ou fabricação de um produto, uma “Prática Recomendada” apenas mostra algumas soluções que foram adotadas nas empresas dos membros do respectivo Grupo de Trabalho que a elaborou. (Driscoll et al., 2012).

Da API RP-500 (2012), seu objetivo é “fornecer orientações para a classificação de regiões Classe I Divisão 1 e Classe I Divisão 2 em instalações de petróleo, devendo ser tratada como um guia e ser aplicada mediante adequada análise de engenharia”. Trata-se de um alerta que as figuras-exemplo lá apresentadas não devem ser simplesmente copiadas. Como exemplo, temos a Figura 1 (RP-500, 1957).

Figura 1. Figura-exemplo da API RP-500 (1957)



Na API RP-500 (2012), encontramos sua figura-exemplo 22 idêntica à Figura 1 acima, da edição de 1957. Considerando as diversas modificações nos processos da indústria de petróleo ao longo daqueles 55 anos, entendemos que tais figuras-exemplo são apenas sugestões, e não

determinações. Além disso, pela Prática Recomendada não conter a identificação das substâncias inflamáveis, as características dos respectivos processos e nem a ventilação considerada na elaboração das distâncias mostradas nas figuras-exemplo, estas não podem ser simplesmente reproduzidas para qualquer unidade da indústria de petróleo, conforme ressaltado em seu item 7.1.2.

A API publicou também a RP-505, com estrutura e texto similar à API RP-500, porém adaptada para a terminologia de “Zonas” utilizada na norma IEC. (Rangel Jr. e Naegeli, 2001). As mesmas notas da API RP-500 alertando quanto à necessária análise de engenharia e fazendo restrições à simples reprodução das figuras-exemplo também foram mantidas na API RP-505.

NBR IEC 60079-10-1

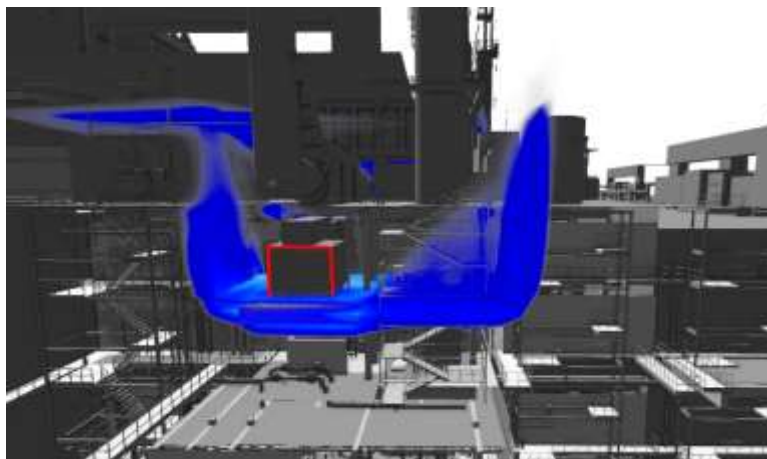
Esta norma ABNT foi emitida a partir de tradução integral da norma IEC 60079-10-1. Quando foram construídas as primeiras unidades da indústria do petróleo no país, em seus projetos, a cargo de empresas americanas, constava o conceito de “Divisões”; porém, anos depois, a ABNT adotou as normas IEC, e os impactos da mudança foram documentados (Rangel Jr., 2002). A edição atual deste documento técnico traz algumas equações para estimativa das extensões das áreas classificadas e alguns exemplos de classificação de áreas em seu Anexo E, com uma ressalva similar à encontrada nas práticas recomendadas americanas que os mesmos não devem ser diretamente aplicados, pois cada situação ou equipamento de processo necessita de considerações específicas. (Jordão, 2010).

O USO DA MODELAGEM MATEMÁTICA

Uma vez que as Práticas Recomendadas alertam que suas “figuras-exemplo” não podem ser simplesmente reproduzidas (Rangel Jr., 2010), e enfatizam a necessidade de um estudo caso-a-caso, onde as influências do ambiente e as características dos processos sejam cuidadosamente analisadas, a utilização de ferramentas baseadas em modelos matemáticos adequados, para os estudos de classificação de áreas, é um importante recurso. (Cabral et al., 2008).

O formato da nuvem de gás inflamável pode se mostrar bem diferente das figuras-exemplo das referências técnicas citadas, como ressaltado em azul na Figura 2. (Rogstadkjernet, 2015)

Figura 2 – Simulação de vazamento de gás combustível em plataforma offshore de petróleo.



As simulações tanto podem ser feitas com a utilização de softwares comerciais, como utilizando-se modelos matemáticos. (Cox et al., 1990)

Para estimar a vazão mássica de gás, pode ser utilizado o modelo gaussiano para a pluma em seu caso mais simples: um jato subsônico emitido por um orifício circular. (Cox et al., 1990)

A Equação 1 descreve o modelo de forma simplificada. (Fontes e Filippo, 2006)

$$\frac{C_x}{C_o} = 5 \frac{d_o}{x} \sqrt{\left(\frac{\rho_A}{\rho_o}\right)},$$

(1)

Onde:

- C_x concentração volumétrica a x metros (m^3/m^3)
 C_o concentração volumétrica no orifício (m^3/m^3)
 d_o diâmetro do orifício (m)
 x distância axial (m)
 ρ_A a densidade do ar no local ($kg. m^{-3}$)
 ρ_o a densidade do gás no orifício ($kg. m^{-3}$)

Maior precisão neste modelo é obtida introduzindo-se fatores para refletir as influências da pressão e da densidade do gás inflamável na extensão da área classificada, vide Equação 2.

$$x = \frac{5C_o d_o}{0.2 \times LEL} \left(\frac{\rho_x}{\rho_o} \right)^{0.5} k_{\rho_o} k_{p_{ref}} \quad (2)$$

Onde:

- LEL limite inferior de explosividade [%]
 C_o concentração na saída [% vol]
 d_o diâmetro externo [m]
 x distância do ponto de liberação até 20% LEL [m]
 ρ_x densidade do ambiente [kg/m^3]
 ρ_o densidade do gás na saída [kg/m^3]
 k_{ρ_o} fator de ajuste na densidade
 $k_{p_{ref}}$ fator de ajuste na pressão

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As Figuras 3 e 4 mostram as simulações de liberações de isopentano a 30 °C e a 120 °C, e ressaltam os comportamentos diferentes das nuvens formadas. (Rangel Jr. et al., 2016)

Figura 3 - Simulação de liberação de isopentano a 30° C. Eixos horizontal e vertical em metros.

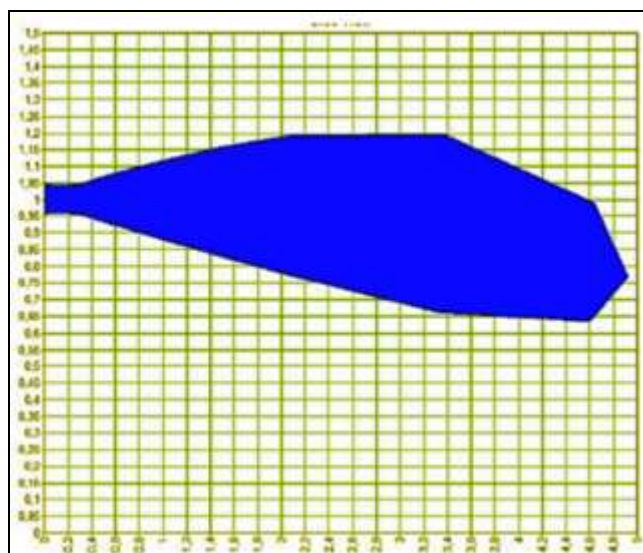
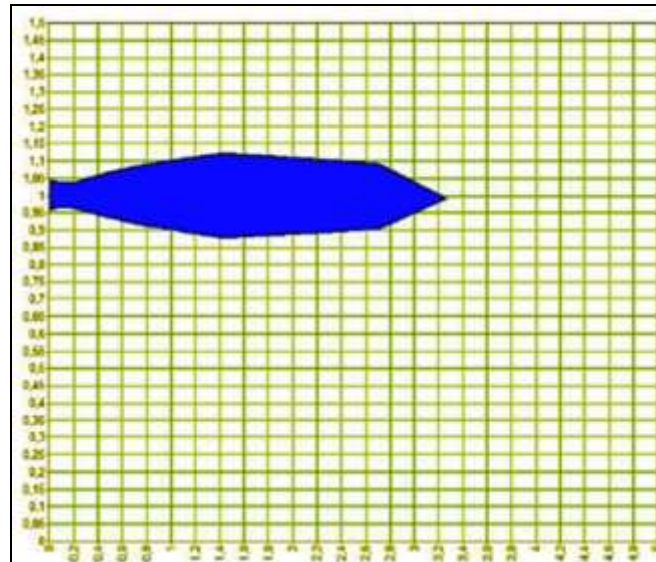


Figura 4 - Simulação de liberação de isopentano a 120° C. Eixos horizontal e vertical em metros.



Comprova-se que as distâncias mostradas nas figuras-exemplo da API RP-505 não podem ser simplesmente copiadas nos estudos de classificação de áreas, pois definem distâncias fixas que não refletem o comportamento real de uma liberação de gás inflamável em um processo industrial. (Schelegel et al., 2009)

Conhecendo-se a extensão das áreas classificadas torna-se possível especificar corretamente os equipamentos elétricos e eletrônicos especiais para uso nestes ambientes, os quais são construídos segundo normas específicas para permitir que funcionem sem risco de serem fontes de ignição.

CONCLUSÃO

Como o estudo de classificação de áreas contribui decisivamente para a segurança da unidade, seus documentos devem possuir o embasamento adequado, uma vez que poderão ser consultados tanto para a emissão de procedimentos operacionais, quanto para a execução de serviços de manutenção e inspeção.

Cabe ressaltar que a criação de uma ferramenta computacional não objetiva colocar um conjunto de equações a ser manipulado por pessoas sem o conhecimento necessário, mas disponibilizar um recurso que permita à equipe multidisciplinar responsável pelo estudo, definir as extensões das áreas classificadas de forma segura à realidade da planta.

Um estudo de classificação de áreas confiável é fundamental para o gerenciamento do maior risco envolvido nas unidades da indústria de petróleo e gás: o de explosão, capaz de acarretar grandes prejuízos materiais e pessoais.

REFERÊNCIAS

- American Petroleum Institute. RP-500 - Recommended practice for classification of locations for electrical installations at petroleum facilities classified as Class I, Div 1 and Div 2, 162 p., 2012.
- _____. RP- 505: Recommended practice for classification of locations for electrical installations at petroleum facilities classified as Class I, Zone 0, Zone 1 and Zone 2, 154 p., 2013.
- ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR IEC 60079-10-1: Atmosferas explosivas. Parte 10-1: Classificação de áreas - Atmosferas explosivas de gás. 2 ed., 110 p., 2018.
- Cabral, P. A. M.; Damaso, V. C.; Aguiar, L. Utilization of a CFD-based approach for risk assessment calculations of natural gas releases in ducts. In: III Latin American CFD Meeting applied to Oil & Gas Industry, ESSS, Rio de Janeiro, v. 1, p. 42 - 54, 2008.
- Cox, A.; Lees, F. e Ang, M. Classification of Hazardous Locations, Cap. 12, p. 41-53, IChemE, 1990.
- Driscoll, T.; Cole, M. e Rowe, V. Class I area classification: a practical approach. In: Area Classification Seminar, Calgary, Canadá, 2012.
- Fontes, C. E. e Filippo, M. Utilização de simulação para classificação de áreas. In: V Encontro Petrobras sobre Instalações Elétricas em Atmosferas Explosivas, Rio de Janeiro, 2006.

- Jordão, D. A nova IEC 60079-10-1: 2011 - Os impactos nos futuros trabalhos de classificação de áreas. In: VI Encontro Petrobrás sobre Instalações Elétricas em Atmosferas Explosivas, Rio de Janeiro, 2010.
- NFPA, National Fire Protection Association. RP-497: Recommended practice for the classification of flammable liquids, gases, or vapors and of hazardous (classified) locations for electrical installations in chemical process areas, 77 p., 2017.
- Rangel Jr., E. e Naegeli, G. S. T. Métodos alternativos para classificação de áreas: o uso da API-RP-505. In: VI Encontro de Engenharia Elétrica Petrobras, Rio de Janeiro, v. 1, p. 108 - 119, 2001.
- Rangel Jr., E. Brazil moves from divisions to zones. In: XLIX Petroleum and Chemical Industry Conference, New Orleans, EUA, p. 23 - 29, 2002.
- _____. Classification of hazardous areas: standard, theory and practice. Ex Magazine, v. 42, n. 1, p.15-21, 10 jul. 2010. Stahl, Alemanha. Disponível em: <http://www.internex.eti.br/estellito_area_classification_2010en.pdf>. Acesso em: 20 fev. 2019.
- _____; Luiz, A.; Madureira Fo., H. L. P. Area classification is not a copy-and-paste process: performing reliable hazardous-area-classification studies. IEEE Industry Applications Magazine, v. 22, n. 1, p.28-39, jan. 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1109/mias.2015.2458335>, Acessado em: 20 mar. 2020.
- Rogstadkjernet, L. Area classification and major hazards. In: I Hazardous Areas WA Conference, v. 1, p. 34 - 42, Perth, Austrália, 2015.
- Schlegel, C.; Pfuetszenreiter, A. A. e Costa, J. A. Confiabilidade de estudos de classificação de áreas. In: XIII Brazil Automation, São Paulo. v. 1, p. 56 - 69, 2009.
- Tommasini, R.; Pons, E. e Palamara, F. Area classification for explosive atmosphere: comparison between European and North American approaches. In: LX Petroleum and Chemical Industry Conference, Chicago, EUA, v. 1, p. 57 - 63, 2013.