

Pós-Graduação

Segurança de Processos



PROJETO PARA ADEQUAÇÃO DE UM EQUIPAMENTO MECÂNICO - VENTILADOR DO TIPO CENTRÍFUGO - PARA ATMOSFERA EXPLOSIVA

Antonio C. F. Vendrame, Danielle S. B. Silva, Leandro S. Santos, Letícia A. Carvalho, Saulo O. Kitatani, Tassiano S. Ornellas

RESUMO

Historicamente, no Brasil, somente os equipamentos elétricos possuem estudos e certificação para funcionarem em áreas com atmosferas potencialmente explosivas. Sabendo-se da existência de equipamentos não elétricos que podem gerar uma fonte de ignição nessas áreas, foi identificada a necessidade de adequação desses equipamentos. Por este motivo os equipamentos mecânicos destinados a serem instalados em áreas classificadas necessitam ser devidamente projetados, dimensionados, avaliados, ensaiados em laboratório e certificados. A ABNT publicou em 2018 as Normas Técnicas Brasileiras da Série ABNT NBR ISO 80079 – atmosferas explosivas: parte 36: equipamentos não elétricos para atmosferas explosivas – métodos e requisitos básicos e parte 37: equipamentos não elétricos para atmosferas explosivas – tipos de proteção não elétricos: segurança construtiva “c”, controle de ignição de fontes “b” e imersão em líquido “k”. Estas duas novas normas apresentam requisitos de avaliação de risco, projeto, dimensionamento, ensaios laboratoriais, documentação e requisitos da avaliação da conformidade para equipamentos mecânicos destinados para instalação em áreas classificadas contendo gases inflamáveis ou poeiras combustíveis. A proposta deste trabalho de conclusão de curso é realizar a implementação das normas ABNT NBR ISO 80079 em um ventilador do tipo centrífugo presente em um sistema de exaustão das linhas de moldagem de poliuretano para aplicação de partes automotivas de uma planta industrial química. Foram identificadas as fontes de ignição, bem como suas causas raízes e, posteriormente, foram propostas medidas mitigadoras a fim de reduzir e/ou eliminar as frequências de ocorrência de tais fontes. Após a implementação das medidas mitigadoras foi identificada a nova frequência de ocorrência das fontes de ignição, atingindo o nível de proteção requerido, EPL Gb, conforme classificação de área para adequar o ventilador centrífugo à Zona 1, em conformidade legal com as novas Normas Técnicas.

Palavras-chave:

Atmosferas explosivas, fonte de ignição, equipamentos não elétricos, avaliação de risco, proteção não elétricos.

ABSTRACT

Historically, Brazil does not only study electrical equipment and works in areas with atmospheres that can act as explosives. Knowing the source of electrical equipment does not light up which can generate a proper identification area of these equipment. Because they are modified and executed in areas designed, designed, designed, designed, scaled in the laboratory and certified. ABNT published in 2018 the Brazilian Technical Standards of the ABNT NBR ISO 80079 Series - explosive atmospheres: part 36: non-electrical equipment for explosive atmospheres - methods and requirements and part 37:

basic equipment not for explosive atmospheres - non-electrical types of protection: “c”, safety control of “b” and in liquid material “k”. These two new standards indicate requirements for risk assessment, design, dimensioning, laboratory testing, documentation and conformity assessment requirements for mechanical equipment for installation in operational areas containing flammable gases or compounds. The present conclusion of conclusion of is to carry out an implementation ABNT NBR ISO0079 in a centrifugal fan presents a proposal in a system of application of the operating norms of the polyurethane molding lines for industrial automotive parts of an industrial plant. Sources of emissions were identified, as well as their origins and, later, mitigating measures were proposed in order to reduce and/or eliminate the frequencies of occurrence of such sources. After the implementation of the measures classified as mitigating, the new frequency of occurrence was identified, reaching the necessary level of protection, e Gb, according to the centrifugal measures to Zone 1, in accordance with the legality with the Technical Norms.

Keywords:

Explosive atmospheres, ignition source, non-electrical equipment, mechanical equipment, risk assessment, non-electrical protection.

1. INTRODUÇÃO

Incêndios e explosões, apesar de raros, ocorrem e podem causar perdas de vidas, danos ao ambiente, perda de equipamentos e materiais, interrupção da produção e danos à imagem da empresa (CROWL, 2003).

A necessidade de controlar as fontes de ignição foi reconhecida no início da indústria de mineração de carvão, onde a presença de metano pode levar a atmosferas inflamáveis, e levou ao desenvolvimento de equipamentos à prova de explosão (COX et al, 2000).

Já em 1926, na Inglaterra, a *British Standards Institution* publicou a BS 229 - *Flameproof Enclosure of Electrical Apparatus* (equipamentos elétricos com invólucro à prova de explosão).

Com o advento da revisão da Norma Regulamentadora número 10 (NR 10) em 2004, a sinalização de áreas classificadas e, conseqüentemente a sua determinação, tornou-se obrigatória juntamente com a utilização da norma nacional NBR IEC 60079-10 publicada pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) em 2006.

Áreas classificadas são espaços ou regiões tridimensionais nas quais a probabilidade da presença de uma atmosfera explosiva exige que sejam tomadas precauções especiais para a construção, instalação e utilização de equipamentos. O termo “atmosfera explosiva” é utilizado no Brasil para definir uma área onde haja risco de explosão, através de gases, vapores inflamáveis e fibras ou poeiras combustíveis (AMARAL, 2021; SILVA, 2014; JORDÃO, 2002).

Para prevenir uma atmosfera explosiva há uma série de medidas que visam mitigar ou eliminar tais riscos. Uma medida básica consiste em impedir que fontes de ignição entrem em contato com a atmosfera explosiva, utilizando para isso equipamentos elétricos e eletrônicos especiais à prova de explosão (JORDÃO, 2002).

No Brasil, as medidas de proteção devem seguir às normas de segurança da ABNT das séries NBR IEC 60079, que ditam as regras para instalações elétricas em áreas classificadas (SILVA, 2014).

O estudo de atmosferas explosivas serve de subsídio para o planejamento, detalhamento e execução de todo o sistema elétrico de uma unidade industrial (MIGUEL et al, 2012). Segundo MIGUEL et al (2012) para execução correta da instalação elétrica utiliza-se como base a classificação de áreas, uma vez que é necessário ter uma área devidamente classificada para decidir o tipo de equipamento a ser instalado.

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

A eletricidade é uma das principais fontes de ignição em áreas classificadas de ambientes com atmosfera potencialmente explosiva, principalmente por eletricidade estática que pode estar contida em equipamentos e instrumentos de medição que são operados por trabalhador autorizado (RACHADEL, 2018). A Corrente Mínima de Ignição (MIC) se refere à corrente elétrica mínima que é capaz de inflamar uma determinada substância e o Interstício Máximo Experimental Seguro (MESG) se refere ao interstício máximo que pode ocorrer num invólucro, sem que haja por ele uma propagação para o meio externo, de uma eventual explosão que aconteça em seu interior (GALVÃO JUNIOR, 2011).

Nos EUA, a avaliação de risco de ignição de equipamentos mecânicos geralmente segue os procedimentos que são apresentados na norma EN 15198 - *Methodology for the risk assessment of non-electrical equipment and components for intended use in potentially explosive atmospheres* (PRUGH, 2017).

Outro importante marco para o tema foi que, em dezembro de 2018, o Ministério do Trabalho aprovou a nova Norma Regulamentadora NR 37 – Segurança e saúde em plataformas de petróleo – a qual estabelece os requisitos mínimos de segurança, saúde e condições de vivência no trabalho a bordo de plataformas de petróleo em operação nas águas jurisdicionais brasileiras. Foi acrescentado o item 37.27.8 que cita que os equipamentos mecânicos e eletromecânicos instalados em áreas classificadas devem estar em conformidade com os requisitos técnicos do INMETRO e da norma ISO 80079-36 e alterações posteriores, o que a torna compulsória para aplicação em plataformas de petróleo. E em sua última revisão, vigente a partir de 1 de fevereiro de 2022, foi complementado a aplicação da ABNT NBR ISO 80079 parte 36 com a parte 37 para plataformas de petróleo.

A NR 20 - Segurança e Saúde no Trabalho com Inflamáveis e Combustíveis, como o próprio título sugere, trata da proteção dos trabalhadores nas atividades que envolvem a extração, produção, armazenamento, transferência, manuseio e manipulação de inflamáveis e combustíveis. Por se tratar de norma que cuida da prevenção e controle dos riscos no trabalho com inflamáveis e combustíveis, esta não poderia deixar de fazer menção às atmosferas explosivas e, em consequência às áreas classificadas.

Conforme item 20.5.2 da NR 20, no projeto das instalações deve constar a identificação das áreas classificadas. Tal exigência se justificada em razão dos inflamáveis produzirem atmosfera explosiva em dado local. Assim, a classificação de área visa prevenir a ocorrência de fontes de ignição que eventualmente possam fechar o “triângulo do fogo”. Ainda, segundo item 20.13.1 da NR 20 todas as instalações elétricas e equipamentos elétricos utilizados em áreas classificadas devem estar em conformidade com a NR 10. O Prontuário das Instalações Elétricas deve contar as certificações dos equipamentos e materiais elétricos em áreas classificadas, como forma de garantir a qualidade dos equipamentos e materiais utilizados.

Desta forma é indispensável que instalações que possuam inflamáveis classifiquem tais áreas, bem como façam uso de equipamentos certificados, tanto para os equipamentos elétricos, assim como uma certificação voluntária para equipamentos mecânicos.

Historicamente são registradas explosões envolvendo fontes de ignição causadas por equipamentos mecânicos desde o início do Século 20. No âmbito da Comunidade Europeia, por exemplo, a Diretiva ATEX de 1994, que entrou em vigor em 2003, já especificava a necessidade de certificação compulsória de equipamentos mecânicos “Ex”. Apesar da certificação de equipamentos mecânicos ainda não fazer parte do escopo dos Requisitos de Avaliação da Conformidade (RAC) de equipamentos “Ex” emitido pelo Inmetro, existem no Brasil e no mundo diversos equipamentos mecânicos “Ex” certificados de acordo com a ISO 80079-36.

A prevenção da ignição já era identificada como um dos requisitos essenciais de segurança e saúde nas Diretivas ATEX (Diretivas europeias 94/9 / EC (1)) para uso em áreas onde atmosferas potencialmente explosivas não podem ser evitadas. A orientação geral sobre esta abordagem pode ser encontrada na norma EN1127-1(2), que descreve os princípios gerais e os diferentes tipos de fontes potenciais de ignição que precisam ser considerados (HAWKSWORTH et al, 2006).

1.1. Objetivo

O objetivo deste trabalho é aplicar, inicialmente, a metodologia contida na NBR ISO 80079-36 para identificação de riscos de fontes de ignição próprias de um ventilador centrífugo, equipamento não elétrico, em uma área classificada. Após essa identificação, será avaliada se as possíveis fontes de ignição podem se tornar efetivas em operação normal, mau funcionamento previsto e raro no equipamento mecânico. A partir dessa avaliação será utilizada a NBR ISO 80079-37 para aplicar os conceitos e requisitos

básicos para atuar nos processos de mitigação, prevenção e controle do risco, a fim de desenvolver oportunidades de melhorias dos sistemas e projetar soluções que atinjam o Nível de Proteção Requerido (EPL) para o objeto de estudo.

2. DESENVOLVIMENTO

Na indústria química, para minimizar a possibilidade de cenários acidentais, é de extrema importância realizar uma avaliação de risco em atmosferas potencialmente explosivas de forma a identificar todas as fontes possíveis de ignição, e determinar se instrumentos e/ou equipamentos, podem se tornar efetivas fontes de ignição durante todo o ciclo de vida das instalações (RANGEL JR. et al, 2014).

Esta avaliação de risco deve ser elaborada com base em critérios e metodologias previamente definidas, principalmente na NBR ISO 80079-36, identificando e apreciando as possíveis fontes de ignição daquele equipamento e a frequência de ocorrência daquele risco de ignição. Ou seja, no processo de avaliação é de suma importância que o avaliador tenha um entendimento aprofundado das características construtivas dos equipamentos e seus parâmetros técnicos para operar com eficiência conforme projetado.

Como exemplo de equipamentos mecânicos que devem ser avaliados para uso em áreas perigosas, tem-se os: acoplamentos, bombas, caixas de engrenagens, freios, motores hidráulicos e pneumáticos e qualquer combinação de máquinas, ventiladores, motores, compressores etc. (RANGEL JR. et al, 2019).

2.1. Fontes de ignição por equipamentos não elétricos

Equipamentos mecânicos em locais de fabricação podem apresentar riscos significativos de ignição não elétrica. Equipamentos mecânicos, como elevadores de caçamba, misturadores e liquidificadores, e travas de ar rotativas podem causar calor de fricção ou faíscas de fricção durante a operação de rotina ou durante condições de alteração do equipamento. (PRUGH, 2017).

Considerando que equipamentos elétricos operando dentro de seus parâmetros de projeto frequentemente contenham fontes efetivas de ignição, como partes centelhantes, isto não é necessariamente verdade para equipamentos mecânicos, os quais são projetados para operar sem paradas entre períodos predeterminados de manutenção (RANGEL JR. et al, 2006 e RANGEL JR., 2013).

A ISO 80079-36 exige que o fabricante demonstre na avaliação de risco de ignição que o equipamento não tem fontes de ignição eficazes durante raros mal funcionamentos, durante mal funcionamentos esperados ou durante a operação normal, dependendo do nível de proteção do equipamento (“EPL”). Essa avaliação é feita em uma abordagem gradual a ser seguida pelo fabricante. No início da avaliação de risco o fabricante tem de decidir qual das 13 “possíveis fontes de ignição” são relevantes para o seu equipamento mecânico. Elas são chamadas de fontes de ignição “relacionadas ao equipamento”: Superfícies quentes, Faíscas mecânicas, Chamas, gases quentes, Faíscas elétricas, Correntes elétricas parasitas e proteção contra corrosão catódica, Eletricidade estática, Raio, Ondas eletromagnéticas, Radiação ionizante, Radiação de alta frequência, Ultrassônico, Compressão adiabática e Reação química (BREHM *et al*, 2013).

A norma também fornece limites de energia para decidir se as faíscas de impacto devem ser consideradas como fontes potenciais de ignição ou não, ou mesmo como fontes de ignição eficazes (BREHM *et al*, 2013).

Um certificado preparado pelo fabricante ou um terceiro deve confirmar que o equipamento está em conformidade com a ISO 80079-36 e os padrões nela tratados (BREHM *et al*, 2013).

2.2. Medidas de Proteção

As medidas implementadas devem tornar as fontes de ignição inofensivas ou limitar a probabilidade de ocorrência das fontes de ignição. Isso pode ser alcançado por meio de equipamentos adequados e projeto e construção de componentes, procedimentos operacionais e sistemas de medição e controle adequados (JURCA *et al*, 2020).

Desta forma, para o cenário avaliado daquele risco de ignição apreciado, com base nas informações levantadas e definidas em análise de risco, desenvolve-se e define:

- Medidas aplicadas para que uma fonte de ignição “não” se torne efetiva (controle do risco no meio e trajetória);
- O nível de proteção do Equipamento (EPL) que será requerido (controle do risco na fonte).

Para cada grupo de equipamentos, existe um EPL requerido específico. O EPL requerido de um equipamento para um cenário avaliado tem ênfase na redução e mitigação da probabilidade de ocorrência. Conforme pode ser demonstrado no Quadro 1 a seguir.

Quadro 1: Grupos de equipamentos versus EPL existente

GRUPO	Não possuir fontes de ignição efetiva em operação			EPL requerido
	Normal	Mau funcionamento PREVISTO	Mau funcionamento RARO	
GI Minas subterrâneas	X	X		Mb
	X	X	X	Ma
GII Gases, vapores névoas	X			Gc
	X	X		Gb
	X	X	X	Ga
GII Poeiras	X			Dc
	X	X		Db
	X	X	X	Da

De acordo com JURCA *et al* (2020) as medidas de proteção ou tipos de proteção devem ser consideradas ou aplicadas na seguinte ordem:

- minimizar a probabilidade de surgirem fontes de ignição;
- minimizar a probabilidade de que as fontes de ignição se tornem eficazes;
- minimizar a probabilidade de a atmosfera explosiva atingir a fonte de ignição;
- conter a explosão e minimizar a probabilidade de propagação da chama.

Quando a avaliação do risco de ignição confirma que o equipamento não contém nenhuma fonte de ignição eficaz durante a operação normal, mau funcionamento esperado e mau funcionamento raro, o equipamento pode ser classificado como EPL Ma, Ga ou Da (JURCA *et al*, 2020).

Cenários indesejados, são obtidos por diversos tipos falhas, por exemplo:

- Falhas nos parâmetros de funcionamento da potência (responsável por gerar os acionamentos do equipamento);
- Falhas provenientes de desgastes de suas partes;
- Falhas provenientes de baixos padrões de manutenibilidade ou inexistência;
- Operação falha do equipamento ou processo (erro humano);
- Falhas proporcionadas por anomalias externas, em relação ao meio (ao redor) (acidentes, colisão, batida contra arremessos, sujidades e corpo estranho etc.).

A NBR 80079-37, descreve alguns dos parâmetros críticos de segurança:

- Temperatura máxima de superfície resultante do atrito normal ou anormal ou aquecimento gerado pela máquina ou processo;
- Sobre velocidade máxima admissível que, se excedida, pode resultar em uma ignição causada por quebra ou centelhamento por atrito;
- Vibração máxima admissível, antes que as distâncias entre as partes fixas e móveis sejam reduzidas para níveis capazes de provocar ignição;

- Desalinhamento máximo para reduzir a probabilidade de as partes móveis entrarem em contato com as partes fixas.

Isto posto, as medidas aplicadas para não permitir a efetividade da ignição nas práticas de controle para medidas de segurança, tem-se como referência técnica a NBR ISO 80079 - 37. Ressalta-se que apesar desta norma técnica ser a principal fonte para o avaliador quando se trata de proteção de equipamentos não elétricos, outras normas também podem e devem ser aplicadas, sempre que necessário, para o controle destes cenários indesejados. Dentre elas, podemos citar as normas da série da 60079 que serão também de muita valia para desenvolvimento de medidas de proteção relativo aos aspectos e parâmetros técnicos daquele cenário em relação as suas particularidades e características indissociáveis do processo, produto e condições específicas provenientes desta relação (produto, processo e operabilidade).

O avaliador ou projetista terá como base 3 cenários principais para proteção de segurança:

A. Construtiva “c”

Medidas construtivas são aplicadas para que seja protegido a possibilidade de ignição proveniente de superfícies quentes, faísca e compressão adiabática de partes móveis. Além das superfícies quentes facilmente reconhecíveis, como secadores e outros, as partes móveis do equipamento também podem gerar temperaturas perigosas. Esses processos incluem também equipamentos que transformam energia mecânica em calor. Além disso, todas as peças móveis em rolamentos etc. podem se tornar fontes de ignição se não forem devidamente lubrificadas. Também deve ser levado em consideração o aumento da temperatura devido a reações químicas (por exemplo, com lubrificantes e / ou agentes de limpeza) (JURCA et al, 2020).

B. Controle de ignição de fontes “b”

Medidas que visam controlar a efetividade de uma fonte de ignição por meios e dispositivos específicos com ações automatizadas ou assistidas relativa a práticas de monitoramento e supervisão dos parâmetros de operabilidade versus os limites técnicos para o equipamento operar dentro de uma faixa de trabalho segura, e que não permita que a causa (s) raiz (s) de um cenário de ignição seja efetivada sem antes ser iniciadas ações de controle ou parada do processo.

Para os sistemas Ex “b” existem dois tipos de proteção definidas, b1 e b2, que estão articulados aos EPL existente e harmonizado para cada tipo de EPL requerido, conforme Quadro 2.

Quadro 2: Tipos mínimos de proteção contra ignição requeridos quanto EX “b” é selecionado para atingir um EPL pretendido para equipamentos dos Grupos II e III.

EPL pretendido do equipamento	Resultado da avaliação de risco para o equipamento existente	Sistema de controle Ex “b” necessário	Tipo de proteção contra ignição
Gc, Dc	Fonte efetiva de ignição durante operação normal	Um sistema único para evitar a ignição de fontes durante operação normal	b1
	Nenhuma fonte de ignição efetiva é prevista durante operação normal	Nenhum	
Gb, Db	Fonte efetiva de ignição durante operação normal	Um sistema independente ou a prova de falha para evitar fontes de ignição durante operação normal e falhas previstas	b2 ou dois b1
	Nenhuma fonte de ignição efetiva é prevista durante operação normal	Um sistema único para evitar a ignição de fontes durante falhas previstas	b1
	Nenhuma fonte de ignição efetiva é prevista durante operação normal e falhas previstas	Nenhum	
Ga, Da	Nenhuma fonte de ignição efetiva é prevista durante operação normal	Um sistema independente ou a prova de falha para evitar fontes de ignição durante falhas previstas e falhas raras	b2 ou dois b1
	Nenhuma fonte de ignição efetiva é prevista durante operação normal e falhas previstas	Um sistema independente ou a prova de falha para evitar fontes de ignição durante falhas raras	b1
	Nenhuma fonte de ignição efetiva é prevista durante operação normal, falhas previstas ou falhas raras	Nenhum	

Fonte: NBR ISO 80079-37 (2018)

A segurança funcional terá maior ou menor confiabilidade a depender da aplicação dos requisitos destas normas. O Quadro 3 apresenta a correlação de todas essas normas para aplicação dos possíveis sistema de segurança de proteção b1 ou b2 que podem ser aplicados em projeto.

Quadro 3: Aplicação do tipo de proteção contra ignição.

Hardware tolerante a falhas (relacionado com uma fonte efetiva de ignição)	2	1	0	1	0	-1	0	-1
Tipo de proteção contra ignição alcançado pelo sistema de controle (dispositivo seguro)								
Hardware tolerante à falha	-	0	1	-	0	1	-	0
Nível de integridade de segurança (SIL/IEC 61508)		SIL 1	SIL 2		SIL 1	SIL 2		SIL 1
Nível de conformidade/ categoria de acordo com a ISO 13849	-	PL c cat. 2	PL d cat.3	-	PL c cat.2	PL d cat.3	-	PL c cat.2
Tipo de proteção de acordo com esta Norma		b1	b2		b1	b2		b1

Fonte: NBR ISO 80079-37 (2018)

C. Imersão em líquido “K”

Técnica de proteção onde se isola as fontes potências de ignição da atmosfera explosiva pela imersão em um líquido de proteção. Esta técnica possui duas formas de trabalho conforme abaixo:

- Imersão total - onde as fontes potenciais de ignição se mantêm totalmente imersa;
- Imersão parcial e recobrimento contínuo – as fontes potenciais de ignição são imersas parcialmente e continuamente se recobre as suas superfícies ativas.

O líquido de proteção tem seus critérios de segurança pautados na viscosidade e composição química visando principalmente:

- Impedir contato direto entre uma atmosfera explosiva e uma potencial fonte de ignição;
- E por si só não produza uma atmosfera explosiva em qualquer fonte de ignição, inclui-se nesta garantia, os cenários anormais ou imprevistos que possam ocorrer, como agitação e gerar névoas, bolhas ou reações químicas;
- Por si não gerar uma fonte de ignição como auto aquecimento ou eletricidade estática.

2.3. Detalhamento do projeto e delimitação do estudo

Para o presente estudo será tomado como base um ventilador centrífugo instalado em um sistema de exaustão aplicado na etapa de limpeza das linhas de moldagem de poliuretano para fabricação de partes automotivas em uma planta industrial química.

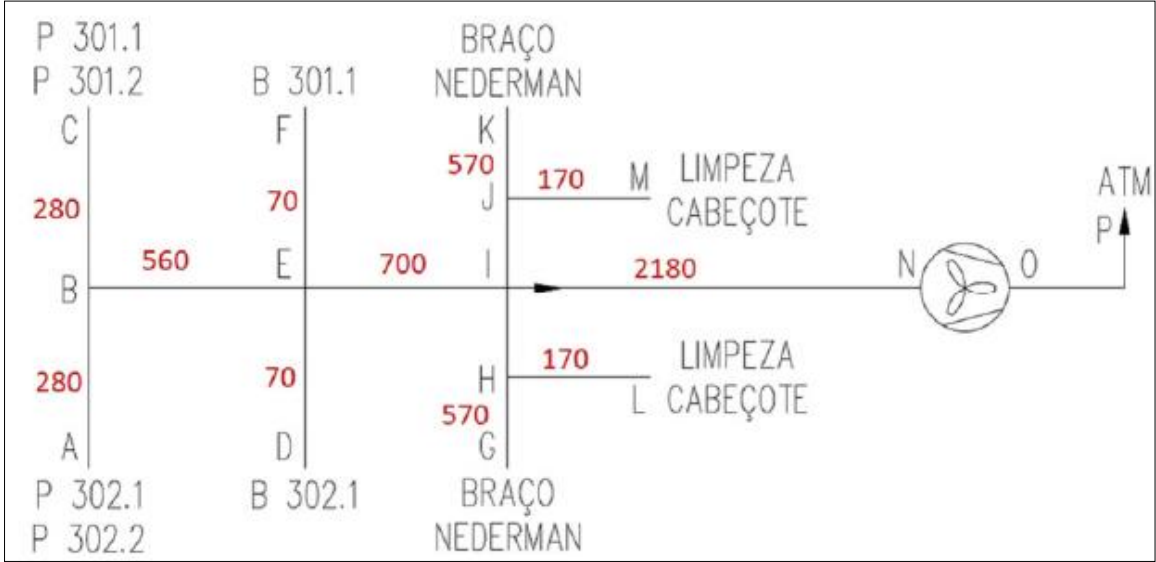
Durante a etapa de limpeza, as linhas de moldagem utilizam um solvente (NMP/DBA-90/10), classificado como combustível, ponto de fulgor igual a 61°C, para remoção do poliuretano residual dos moldes após cada lote fabricado. Conforme especificação do processo de limpeza, o solvente é aquecido até a temperatura de 90°C, ou seja, trabalha acima do seu ponto de fulgor.

2.4. Sistema de Exaustão das linhas de moldagem de poliuretano

O sistema de exaustão é constituído de quatro ponto captadores fixos e dois braços articulados de exaustão conectados a uma rede de dutos metálicos com um exaustor tipo centrífugo exaurindo os vapores captados durante o processo de limpeza conforme

representado na Figura 1**Erro! Fonte de referência não encontrada.**, nos quais os valores indicados em vermelho são referentes as vazões em m³/h.

Figura 1: Esquema do Sistema de exaustão conectado à rede de dutos com ventilador do tipo centrífugo.



Fonte: Catálogo da empresa SEI – SISTEMAS DE EXAUSTÃO INDUSTRIAL LTDA (2019-2020)

Características do solvente utilizado na limpeza dos moldes estão dispostos na Tabela 1.

Tabela 1: Especificações do solvente para limpeza dos moldes.

Produto	Ponto de Fulgor	Temperatura	Fluidez do produto	Serviço (Contínuo/Intermitente)	Instalação (Interna/Externa)	Classificação de área (Interna)	Classificação de área (Externa)
Solvente NMP/DBA (90/10)	61 °C	20 ~ 40°C	Boa	Contínuo	Externa e Interna	Zona 1, Gr. IIB, T135°C	Zona 2, Gr. IIB, T135°C

2.5. Ventilador Centrífugo

Foi utilizado um exaustor centrífugo de simples aspiração com rotor de pás curvas, curvadas para trás, tipo “Air Foil”, ver Figura 3 . Carcaça confeccionada em aço carbono SAE 1020 e rotor em alumínio, sendo seu acionamento através de motor elétrico e transmissão direta no eixo do motor. Equipamento com pintura de fundo e acabamento em esmalte sintético na cor AZUL RAL 5015 e as demais características estão dispostas na Tabela 2.

Erro! Fonte de referência não encontrada.Tabela 2: Especificações técnicas do ventilador centrífugo.

Modelo	Tipo	Vazão [M³/H]	Pressão estática [mmca]	Velocidade de Rotação [RPM]	Motor elétrico	Classificação motor
VCL8 440/1730	Simples Aspiração	2.180	100	1.730	1,5CV TRIF 220 380 IP55 60HZ	W22Xec IIB T3 Gc – Zona 2 - Grupos IIA/IIB - IR3 Premium - T3 - Segurança Aumentada (Ex-n)

Devido às características do solvente NMP/DBA (ponto de fulgor 61°C) e do processo de limpeza, temperatura 90°C, a região interna do ventilador foi classificada como Zona 1, Gr. IIB, T4 e a externa foi classificada como Zona 2, Gr. IIB, T4, conforme Figura 2.

A Zona 1 foi considerada pois os pontos de captação não estão conectados a nenhuma fonte de emissão de grau de liberação contínuo de vapores inflamáveis. Além disso, o sistema de exaustão garante uma diluição alta com boa disponibilidade de ventilação, conforme a norma NBR IEC 60079-10-1 (Tabela D.1 – Zonas em função do grau de liberação e da efetividade da ventilação, página 62). Já a Zona 2, externa aos dutos de exaustão, devido a descarga para a área externa.

Figura 2 : Mapa de classificação de área representativa.

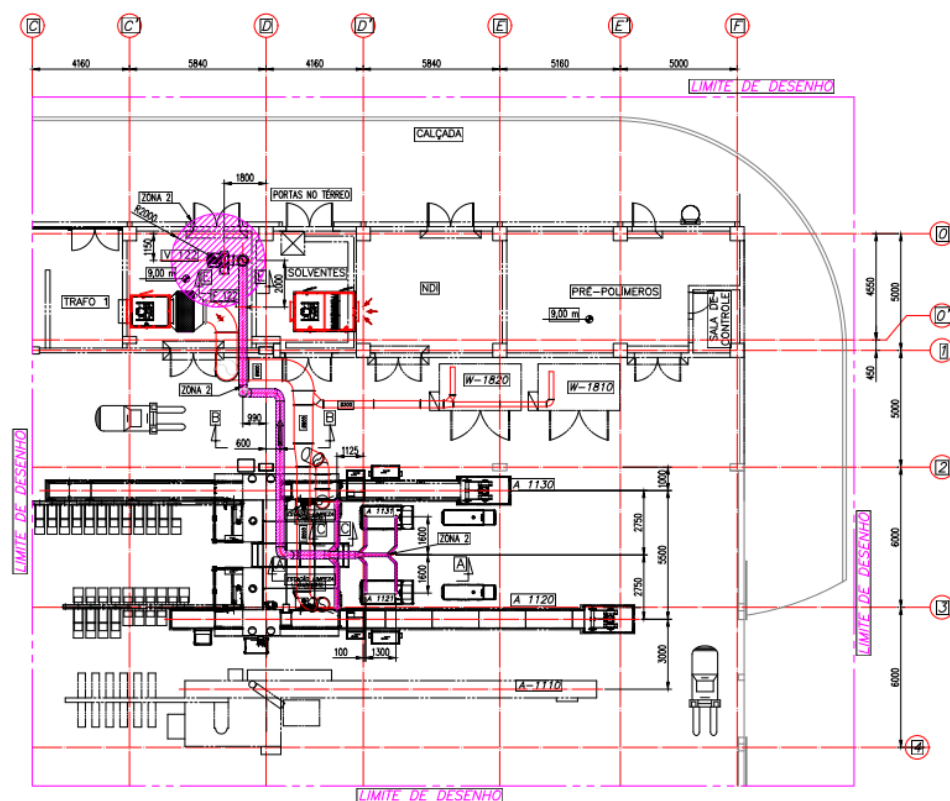
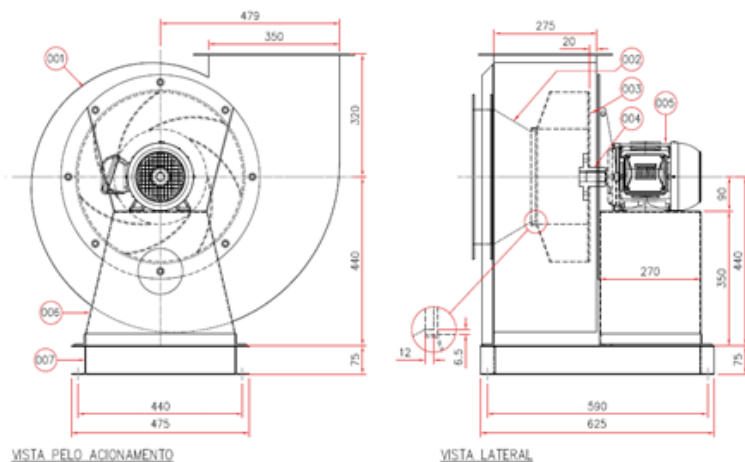


Figura 3: Detalhes construtivos do ventilador centrífugo.



Fonte: Catálogo da empresa SEI – SISTEMAS DE EXAUSTÃO INDUSTRIAL LTDA (2019-2020)

Tabela 3: Detalhes construtivos do ventilador centrífugo

POSIÇÃO	QTD	UN	DESCRIÇÃO	MATERIAL
001	01	PÇ	Carcaça	SAE 1020 #1/8
002	01	PÇ	Cone de Aspiração	Alumínio
003	01	PÇ	Rotor Ø440	Alumínio
004	01	PÇ	Cubo de Fixação	Alumínio Fundido
005	01	PÇ	Motor Elétrico TFVE	1,5cv/4P/EX-n
006	01	PÇ	Cavelete	SAE 1008 #3/16
007	01	PÇ	Base Única	SAE 1008 #3/16

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a aplicação da norma NBR ISO 80079 foi considerado todo o conjunto do ventilador centrífugo descrito na Figura 3 como o equipamento a ser avaliado para determinação dos requisitos para projeto e fabricação destinado para instalação e operação em atmosferas explosivas. Todos os demais equipamentos e acessórios existentes no sistema de limpeza do reator para produção de poliuretano foram dimensionados e instalados conforme requisitos da NBR IEC 60079, e não serão considerados como escopo deste presente estudo.

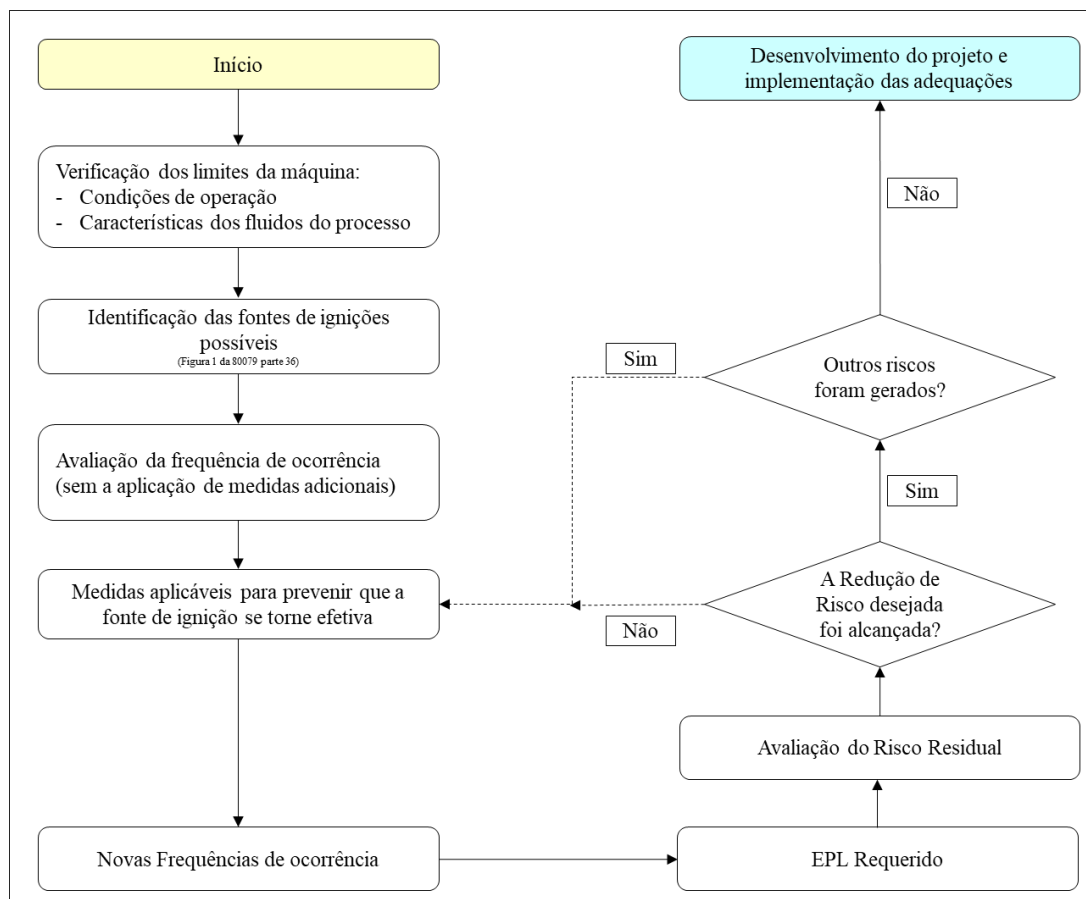
Durante a etapa de identificação das fontes de riscos de ignição, o anexo B - Explanação do procedimento de avaliação do risco de ignição da norma NBR 80079-36, ainda sugere a elaboração de uma tabela para avaliação inicial do equipamento com relação às fontes de ignição, ver Quadro 4.

Quadro 4: Avaliação inicial das fontes de ignição.

Fontes de ignição possíveis	Relacionadas com o equipamento (Sim/Não)	Motivo
Superfícies quentes	Sim	Atrito por partes rotativas
Faíscas mecânicas	Sim	Atrito por partes rotativas
Chamas, gases quentes	Não	Não presente
Faíscas elétricas	Sim	Motor elétrico do ventilador
Correntes elétricas parasitas e proteção contra corrosão catódica	Não	Não presente
Elettricidade estática	Sim	Presença de materiais não condutivos no braço exaustor e falha de equipotencialização e aterramento.
Raio	Não	Não presente
Ondas eletromagnéticas	Não	Não presente
Radiação ionizante	Não	Não presente
Radiação de alta frequência	Não	Não presente
Ultrassônico	Não	Não presente
Compressão adiabática	Não	Não presente
Reação química	Não	Não presente

O procedimento de avaliação dos riscos de ignição foi dividido em etapas, conforme o fluxo da Figura 4.

Figura 4: Representação gráfica da Avaliação dos Riscos de Ignição.



As etapas do fluxograma foram repetidas para todas as causas raízes de possíveis fontes de ignição para o ventilador centrífugo analisado, resultando na **Erro! Fonte de referência não encontrada..**

A **Erro! Fonte de referência não encontrada.** abaixo, foi elaborada como o intuito de atender os requisitos do relatório de avaliação dos riscos de ignição, conforme item 5.2.6 da parte 36 da norma. Toda a elaboração do relatório foi realizada seguindo seu anexo B - Explanação do procedimento de avaliação do risco de ignição. O formato de tabela foi escolhido para estruturar os dados de forma completa, claramente organizados e compreensíveis, conforme recomendação da própria norma NBR ISO 80079. A norma esclarece que este modelo de relatório apresentado é somente uma sugestão, sendo possível a aplicação de diferentes tipos de relatórios desde que os requisitos do item 5.2.6 da parte 36 sejam atendidos integralmente.

A avaliação da frequência de ocorrência sem a aplicação de contramedida foi classificada como: operação normal, mau funcionamento previsto, mau funcionamento raro e não relevante. Realizou-se uma justificativa para cada medida conforme apresentado na coluna “Descrição das ocorrências que podem levar à causa raiz” da **Erro! Fonte de referência não encontrada..**

Na apresentação das medidas aplicáveis para prevenir que a fonte de ignição se torne efetiva, representada na coluna “Ações Mitigatórias” da **Erro! Fonte de referência não encontrada.**, foram informadas referências e evidências das suas aplicações. Em seguida, avaliou-se a nova frequência da ocorrência, agora sendo considerada a frequência após a aplicação da medida apresentada e a categorização resultante relativa ao risco de ignição individual, o EPL. Vale ressaltar que o EPL resultante é o caso menos restrito de todas as categorizações individuais resumidas de todas as linhas da **Erro! Fonte de referência não encontrada.**

Tabela 4: Avaliação do Risco de Ignição (ARI)

Tabela 4: Avaliação do Risco de Ignição (ARI)

Avaliadores: Antonio C. F. Vendrame, Danielle Braz, Leandro S. Santos, Letícia Carvalho, Saulo Kitatani, Tassiano Ornellas

Data: 17/12/2021

Revisão: 0

IT	Risco de Ignição		Avaliação da Ocorrência sem aplicação de ação mitigatória				Avaliação da Ocorrência após aplicação de uma ou mais ações mitigatórias				Risco Residual		
	Causa Raiz	Potencial Fonte(s) de ignição	Durante operação normal	Durante falhas previstas	Durante falhas raras	Sem necessidade de considerações adicionais	Descrição das Ocorrências que podem levar a "Causa Raiz"	Ações Mitigatórias	Frequência de Ocorrência	Descrição após ação mitigatória		EPL Resultante	Restrições Necessárias
1	Atrito do rotor com a carcaça	Centelha Mecânica / Aquecimento de Superfície	X				O atrito entre o rotor e carcaça pode gerar centelhas e ou aquecimento de superfície. Como a velocidade periférica do agitador é alta (40,6 m/s), qualquer impacto na carcaça, quebra ou falha em componentes pode gerar uma centelha mecânica e/ou aquecimento, caso ocorra o contato de partes rotativas com a carcaça ou com algum componente estranho que porventura entre no processo (ex: material metálico).	- O rotor fabricado em liga de alumínio - Instalar sensor de vibração na carcaça do motor.	Durante mau Funcionamento Raro	A escolha do material para fabricação do rotor se deu porque o alumínio é um metal não centelhante e tem uma condutividade térmica quatro vezes e calor específico duas vezes superior ao aço. Caso haja aquecimento no motor ou desbalanceamento do rotor o mesmo será detectado e o Equipamento será totalmente desligado antes que se possa atingir a temperatura predeterminada.	Gb	T3	Falha do Sensor e/ou do Sistema de Monitoramento

Tabela 4: Avaliação do Risco de Ignição (ARI)

Avaliadores: Antonio C. F. Vendrame, Danielle Braz, Leandro S. Santos, Letícia Carvalho, Saulo Kitatani, Tassiano Ornellas

Data: 17/12/2021

Revisão: 0

IT	Risco de Ignição		Avaliação da Ocorrência sem aplicação de ação mitigatória				Avaliação da Ocorrência após aplicação de uma ou mais ações mitigatórias					Risco Residual	
	Causa Raiz	Potencial Fonte(s) de ignição	Durante operação normal	Durante falhas previstas	Durante falhas raras	Sem necessidade de considerações adicionais	Descrição das Ocorrências que podem levar a "Causa Raiz"	Ações Mitigatórias	Frequência de Ocorrência	Descrição após ação mitigatória	EPL Resultante		Restrições Necessárias
2	Atrito do rotor com o cone de aspiração	Centelha Mecânica / Aquecimento de Superfície	X				O atrito entre o rotor e o cone de aspiração pode gerar centelhas e/ou aquecimento de superfície. Como a velocidade periférica do rotor é alta (40,6 m/s), qualquer desbalanceamento, quebra ou falha nos componentes pode gerar uma centelha mecânica e/ou aquecimento.	- O rotor e cone de aspiração fabricados em liga de alumínio - Instalar sensor de vibração na carcaça do motor.	Durante mau Funcionamento Raro	A escolha do material para fabricação do rotor e do cone se deu porque o alumínio é um metal não centelhante e tem uma condutividade térmica quatro vezes e calor específico duas vezes superior ao aço. Caso haja aquecimento no motor ou desbalanceamento do rotor o mesmo será detectado e o Equipamento será totalmente desligado antes que se possa atingir a temperatura predeterminada.	Gb	T3	Falha do Sensor e/ou do Sistema de Monitoramento

Tabela 4: Avaliação do Risco de Ignição (ARI)

Avaliadores: Antonio C. F. Vendrame, Danielle Braz, Leandro S. Santos, Letícia Carvalho, Saulo Kitatani, Tassiano Ornellas

Data: 17/12/2021

Revisão: 0

IT	Risco de Ignição		Avaliação da Ocorrência sem aplicação de ação mitigatória			Avaliação da Ocorrência após aplicação de uma ou mais ações mitigatórias					Risco Residual		
	Causa Raiz	Potencial Fonte(s) de ignição	Durante operação normal	Durante falhas previstas	Durante falhas raras	Sem necessidade de considerações adicionais	Descrição das Ocorrências que podem levar a "Causa Raiz"	Ações Mitigatórias	Frequência de Ocorrência	Descrição após ação mitigatória		EPL Resultante	Restrições Necessárias
3	Atrito do cubo de fixação com a carcaça	Centelha Mecânica / Aquecimento de Superfície	X				O atrito entre o cubo de fixação e a carcaça pode gerar centelhas e/ou aquecimento de superfície. Como a velocidade periférica do cubo é relativamente alta (3,8 m/s), qualquer desbalanceamento, quebra ou falha, nos componentes pode gerar uma centelha mecânica e/ou aquecimento.	- O cubo deve ser feito de alumínio fundido - Instalar sensor de vibração na carcaça do motor.	Durante mau Funcionamento Raro	A escolha do material para fabricação do cubo se deu porque o alumínio é um metal não centelhante e tem uma condutividade térmica quatro vezes e calor específico duas vezes superior ao aço. Caso haja aquecimento no motor ou desbalanceamento do rotor o mesmo será detectado e o Equipamento será totalmente desligado antes que se possa atingir a temperatura predeterminada.	Gb	T3	Pode ocorrer uma centelha no caso de uma quebra repentina não esperada

Tabela 4: Avaliação do Risco de Ignição (ARI)

Avaliadores: Antonio C. F. Vendrame, Danielle Braz, Leandro S. Santos, Letícia Carvalho, Saulo Kitatani, Tassiano Ornellas

Data: 17/12/2021

Revisão: 0

IT	Risco de Ignição		Avaliação da Ocorrência sem aplicação de ação mitigatória				Avaliação da Ocorrência após aplicação de uma ou mais ações mitigatórias				Risco Residual		
	Causa Raiz	Potencial Fonte(s) de ignição	Durante operação normal	Durante falhas previstas	Durante falhas raras	Sem necessidade de considerações adicionais	Descrição das Ocorrências que podem levar a "Causa Raiz"	Ações Mitigatórias	Frequência de Ocorrência	Descrição após ação mitigatória		EPL Resultante	Restrições Necessárias
4	Quebra do Eixo	Centelha Mecânica / Aquecimento de Superfície			X		Caso ocorra desbalanceamento do rotor, desalinhamento do eixo, quebra do pino de montagem no eixo ou a quebra do próprio eixo podemos ter partes rotativas em contato com a carcaça podendo gerar uma centelha mecânica e/ou aquecimento de superfície.	- O rotor fabricado em liga de alumínio - O cubo deve ser feito de alumínio fundido - Instalar sensor de vibração na carcaça do motor.	Não Relevante	Apesar de ser muito difícil de ocorrer, a quebra do eixo pode acarretar eventos imediatos e inesperados de forma a não ser detectado a tempo de gerar uma centelha. Como a chance de ocorrência é muito baixa e o impacto é muito alto, houve a mitigação porém não foi reduzida a classe de ocorrência	Ga	T3	Quebra repentina e imprevista de algum componente Falha do Sensor

Tabela 4: Avaliação do Risco de Ignição (ARI)

Avaliadores: Antonio C. F. Vendrame, Danielle Braz, Leandro S. Santos, Letícia Carvalho, Saulo Kitatani, Tassiano Ornellas

Data: 17/12/2021

Revisão: 0

IT	Risco de Ignição		Avaliação da Ocorrência sem aplicação de ação mitigatória				Avaliação da Ocorrência após aplicação de uma ou mais ações mitigatórias					Risco Residual	
	Causa Raiz	Potencial Fonte(s) de ignição	Durante operação normal	Durante falhas previstas	Durante falhas raras	Sem necessidade de considerações adicionais	Descrição das Ocorrências que podem levar a "Causa Raiz"	Ações Mitigatórias	Frequência de Ocorrência	Descrição após ação mitigatória	EPL Resultante		Restrições Necessárias
5	Entrada de Material Indesejado	Centelha Mecânica / Aquecimento de Superfície	X				A entrada de um material estranho, como por exemplo, um pedaço de metal, pode causar um travamento do rotor, quebra e/ou atrito entre o rotor, objeto estranho e a carcaça podendo gerar uma centelha mecânica e/ou aquecimento de superfície.	- Instalar tela de proteção nos pontos captação de exaustão fixo (pelo projeto) - Garantir que os braços exaustores (Neaderman) instalados possuam tela de proteção - Procedimento Operacional para atividades de limpeza do sistema de exaustão. - Instalar sensor de vibração na carcaça do motor.	Durante mau Funcionamento Raro	A instalação de tela reduz a chance de entrada de um objeto metálico no interior do equipamento.	Gb	T3	Falha na proteção ou inserção de material estranho por outro(s) meio(s) e outras atividades de apoio tais como limpeza e manutenção no equipamento.

Tabela 4: Avaliação do Risco de Ignição (ARI)

Avaliadores: Antonio C. F. Vendrame, Danielle Braz, Leandro S. Santos, Letícia Carvalho, Saulo Kitatani, Tassiano Ornellas

Data: 17/12/2021

Revisão: 0

IT	Risco de Ignição		Avaliação da Ocorrência sem aplicação de ação mitigatória				Avaliação da Ocorrência após aplicação de uma ou mais ações mitigatórias				Risco Residual		
	Causa Raiz	Potencial Fonte(s) de ignição	Durante operação normal	Durante falhas previstas	Durante falhas raras	Sem necessidade de considerações adicionais	Descrição das Ocorrências que podem levar a "Causa Raiz"	Ações Mitigatórias	Frequência de Ocorrência	Descrição após ação mitigatória		EPL Resultante	Restrições Necessárias
6	Quebra do Rolamento do motor	Centelha Mecânica / Aquecimento de Superfície			X		A quebra do rolamento pode permitir contato do rotor com a carcaça, cone de aspiração ou cubo de fixação podendo gerar uma centelha mecânica e/ou aquecimento de superfície. Com plano de manutenção preventiva e preditiva, a quebra do rolamento pode ser considerado um acontecimento de mau funcionamento raro.	- Realizar balanceamento estático e dinâmico do rotor - Inspeção de pré-partida do exaustor após instalação - Inspeções periódicas nos rolamentos e partes rotativas - Instalar dispositivo de sobre corrente no motor - Instalar sensor de vibração na carcaça do motor.	Durante mau Funcionamento Raro	Com o sensor de vibração instalado na carcaça do motor é possível diagnosticar, antecipadamente, a falha do rolamento.	Gb	T3	Falha do Sensor e/ou do Sistema de Monitoramento

Tabela 4: Avaliação do Risco de Ignição (ARI)

Avaliadores: Antonio C. F. Vendrame, Danielle Braz, Leandro S. Santos, Letícia Carvalho, Saulo Kitatani, Tassiano Ornellas

Data: 17/12/2021

Revisão: 0

IT	Risco de Ignição		Avaliação da Ocorrência sem aplicação de ação mitigatória				Avaliação da Ocorrência após aplicação de uma ou mais ações mitigatórias					Risco Residual	
	Causa Raiz	Potencial Fonte(s) de ignição	Durante operação normal	Durante falhas previstas	Durante falhas raras	Sem necessidade de considerações adicionais	Descrição das Ocorrências que podem levar a "Causa Raiz"	Ações Mitigatórias	Frequência de Ocorrência	Descrição após ação mitigatória	EPL Resultante		Restrições Necessárias
7	Equipamentos Elétricos	Centelha Elétrica	X				Equipamentos e/ou instrumentos não aptos para trabalho na área classificada especificada com potencial ignição de uma atmosfera potencialmente explosiva.	- Utilização de componentes elétricos adequados à classificação de área externa Zona 2, Gr. IIB, T3. - Projeto de infraestrutura do sistema de acordo com a norma NBR 60079-14 - Manutenção do sistema de acordo NBR 60079-17	Não Relevante	Utilização componentes adequados à classificação de área	Ga	IIB	Somente de mau uso / instalação menos que adequada.

Tabela 4: Avaliação do Risco de Ignição (ARI)

Avaliadores: Antonio C. F. Vendrame, Danielle Braz, Leandro S. Santos, Letícia Carvalho, Saulo Kitatani, Tassiano Ornellas

Data: 17/12/2021

Revisão: 0

IT	Risco de Ignição		Avaliação da Ocorrência sem aplicação de ação mitigatória				Avaliação da Ocorrência após aplicação de uma ou mais ações mitigatórias				Risco Residual		
	Causa Raiz	Potencial Fonte(s) de ignição	Durante operação normal	Durante falhas previstas	Durante falhas raras	Sem necessidade de considerações adicionais	Descrição das Ocorrências que podem levar a "Causa Raiz"	Ações Mitigatórias	Frequência de Ocorrência	Descrição após ação mitigatória		EPL Resultante	Restrições Necessárias
8	Partes elétricas condutoras isoladas	Descarga Eletrostática	X				Partes condutoras isoladas criam um capacitor, o qual, por exemplo, dutos flexíveis, braços receptores articulados, pode ser carregado por indução eletrostática a um perigo estático com potencial ignição de uma atmosfera potencialmente explosiva.	- Aquisição de braço captor com certificação conforme classificação de área Zona 1, Gr. IIB, T3. - Ligação equipotencial entre todos os elementos dos dutos de exaustão - Aterramento da carcaça, motor elétrico e equipamentos que não façam parte dos circuitos elétricos, mas que possam ficar sob tensão (ref. NR 12 item 12.3.5) - Medição da condutividade elétrica dos dutos após montagem garantindo uma resistência elétrica menor que 10 ⁻⁶ Ω.	Durante mau Funcionamento Raro	Aterramento de todas as partes isoladas	Gb	IIB	Falha no aterramento e equipotencialização dos elementos dos dutos

Tabela 4: Avaliação do Risco de Ignição (ARI)

Avaliadores: Antonio C. F. Vendrame, Danielle Braz, Leandro S. Santos, Letícia Carvalho, Saulo Kitatani, Tassiano Ornellas

Data: 17/12/2021

Revisão: 0

IT	Risco de Ignição		Avaliação da Ocorrência sem aplicação de ação mitigatória				Avaliação da Ocorrência após aplicação de uma ou mais ações mitigatórias					Risco Residual	
	Causa Raiz	Potencial Fonte(s) de ignição	Durante operação normal	Durante falhas previstas	Durante falhas raras	Sem necessidade de considerações adicionais	Descrição das Ocorrências que podem levar a "Causa Raiz"	Ações Mitigatórias	Frequência de Ocorrência	Descrição após ação mitigatória	EPL Resultante		Restrições Necessárias
9	Sobre aquecimento do motor elétrico	Aquecimento de Superfície	X				A entrada de um material estranho, como por exemplo, corpos estranhos, pode causar obstrução do rotor, sobrecarga do motor e, consequentemente, aumento de temperatura.	- Instalação de tela de proteção nos pontos captação de exaustão fixo (pelo projeto) - Garantir que os braços exaustores (Neaderman) instalados possuam tela de proteção - Procedimento Operacional para atividades de limpeza do sistema de exaustão.	Durante mau Funcionamento Raro	A instalação de tela reduz a chance de entrada de um objeto metálico no interior do equipamento.	Gb	T3	Falha na proteção ou inserção de material estranho por outro(s) meio(s) e outras atividades de apoio tais como limpeza e manutenção no equipamento.

Os equipamentos à prova de explosão podem ser encontrados principalmente em liga de alumínio, ferro, latão, aço inoxidável, poliamida, poliéster e outros materiais (SILVA, 2016). Assim, o uso de liga de alumínio, para fabricação do rotor, cone de aspiração e cubo de fixação, foi selecionada devido suas características não centelhantes, sendo esta medida uma proteção por segurança construtiva “c”.

Os processos de fricção envolvendo máquinas rotativas podem ser divididos em fricção, trituração e impacto. A fricção produz superfícies quentes de longa duração e geralmente nenhuma ou apenas algumas faíscas. A eficácia da fonte de ignição produzida depende da potência, carga, velocidade, tamanho e coeficiente de atrito associados ao processo de atrito e confinamento do equipamento no qual a superfície quente é produzida (HAWKSWORTH et al, 2006). Como ação mitigatória para aquecimento de superfícies foi aplicado a liga de alumínio para o rotor e cone de aspiração do ventilador e alumínio fundido para o cubo do eixo, assim como um dimensionamento dos espaçamentos entre rotor-carcaça, rotor-cone de aspiração e cubo-carcaça. Todas estas proteções enquadradas dentro da proteção por segurança construtiva “c”.

Em relação a temperatura de superfície, conforme item 8.2 da parte 36, deverá ser realizado um ensaio para determinação da temperatura máxima de todas as partes de acordo com o EPL do equipamento. Cada equipamento fabricado deverá ser submetido a um ensaio de rotina para determinação da temperatura máxima, como a temperatura marcada no equipamento.

É recomendado ainda um ensaio de impacto CHARPY (ASTM A370 Ed.2021), conforme solicitado na norma NBR 80079-36 (Tabela 5 - Limites de energia para impacto único para EPL Gb, página 24) com valor de referência de 20J para o grupo IIB, para garantir que choques contra a carcaça dimensionada para o ventilador não gere energia de ignição efetiva para atmosfera explosiva.

Deverá ser realizadas inspeções durante as etapas de fabricação e validação das documentações técnicas conforme requisitos de qualidade padrão de fornecimento de máquinas rotativas, como por exemplo, validação dos certificados de materiais utilizados e relatórios de balanceamento.

Nos itens 1 e 2 da **Erro! Fonte de referência não encontrada.**, percebeu-se que através da aplicação do controle de fonte de ignição tipo b1, a probabilidade resultante de falha é extremamente remota (equivalente a SIL 1, conforme anexo E4 parte 37) pois a perda de função deste dispositivo faz com que o relé de segurança interrompa de forma segura o funcionamento da máquina, indicando manutenção qualificada ou sua substituição.

A Tabela 5, é um exemplo do projeto conceito para controle de proteção para equipamentos não elétricos do tipo b1.

Tabela 5: Aplicação do Projeto Conceito para Controle de proteção para não elétricos.

PROJETO CONCEITO Proteção de segurança 80079-37 - controle de ignição de fontes do tipo b Aplicação para o ventilador centrífugo - EPL resultante Gb - tipo de proteção contra ignição b1					
Item	Dispositivo	QTD.	Função do sistema	Função de segurança	Requisito técnico/normativo para segurança funcional
1	Contator de potência 1,5 cv (20 A)	2	Partida e parada do ventilador exaustor	Isolamento de potência / redundância / princípio de falha segura / parada de emergência	NR 12, item. 12.4.14 alíneas a, b CAT 2 e/ou 3 (NBR 14153)
2	Sensor de vibração	1	Monitorar falha funcional geradora de risco - Local carcaça do motor	Alertar e/ou executar ação de controle do tipo parada segura (parada de emergência automática)	80079-37, anexo E subitem E4 CAT 2 (NBR 14153) SIL 1 (IEC 61508) PLC (NBR ISO 13849-1)
3	Botão de emergência	2	Parada total do processo	Parada de emergência remota (realizada por ação humana)	NR 12, itens 12.6.1, 12.6.3, 12.6.4 NBR 13759 -Segurança de máquinas - Equipamentos de parada de emergência - Aspectos funcionais - Princípios para projeto 80079-37, anexo E subitem E4 CAT 2 (NBR 14153) SIL 1 (IEC 61508) PLC (NBR ISO 13849-1)
4	PLC de segurança (com entrada analógica para comunicar com os sensores)	1	Comunicação dos sistemas de segurança e emergência	Controlar ações de segurança de processo e monitorar falhas dos dispositivos empregados no sistema. <u>Avaliação do novo risco:</u> Avaliar em HAZOP no que se refere a lógica da parada de segurança, ter a necessidade deste sistema parar em conjunto do dosador que é a fonte geradora das condições de perigo. Caso positiva incluir nos inputs.	NR 12, item 12.5.2 alínea e 80079-37, anexo E subitem E4 CAT 2 (NBR 14153) SIL 1 (IEC 61508) PLC (NBR ISO 13849-1)
5	Fonte de alimentação 24v	1	Alimentar os botões de comando e sistemas de segurança e emergência com energia em extraabaixa tensão	Eliminar tensão perigosa no sistema e na máquina (acima 110 v/ 220 v) e prover energia requerida para os equipamentos de automação que operam em 24 v.	NR 12, item 12.4.13

E por fim, com as medidas mitigatórias propostas fica evidenciado que o EPL resultante é o Gb, o pior caso de todas as categorizações individuais resumidas de todas as linhas na tabela do relatório.

Outra questão que vale ser ressaltada, é que esta análise apesar de ter como objetivo mitigar os riscos de ignição, alguns deles mesmo após implementação de medidas mitigatórias são impossíveis de serem eliminados devido decorrência de mau uso ou falhas inesperadas, por exemplo.

Além da correta especificação, dimensionamento e fabricação dos equipamentos elétricos e mecânicos para aplicação em áreas classificadas, é necessário a realização de serviços de inspeções e manutenções por profissionais qualificados, de acordo com as recomendações do fabricante dos equipamentos, garantindo assim que os equipamentos se mantenham sempre aptos para a operação segura ao longo toda a vida útil, conforme já aplicado a NBR 60079 partes 17 e 19.

4. CONCLUSÕES

De acordo com os objetivos proposto neste trabalho foi aplicado a metodologia da NBR 80079 parte 36 e 37, sendo identificadas todas as possíveis fontes de ignição e estimadas as suas frequências de ocorrências dentro das condições de operação normal e de falhas. Com base nestas fontes de ignição, foi identificado as suas causas raízes e, através destas, foram propostas medidas mitigadoras a fim de reduzir e/ou eliminar as frequências de ocorrência destas fontes.

Após a aplicação das medidas mitigatórias foi identificada a nova frequência de ocorrência das fontes de ignição, atingindo assim o EPL Gb, conforme requerido para adequar o equipamento às características da atmosfera potencialmente explosiva do cenário apresentado.

Fica evidente que é demandado um conhecimento profundo do equipamento em estudo e seu funcionamento dentro do específico processo, pois somente assim é possível uma avaliação efetiva das suas fontes de ignição e correta estimativa da frequência da ocorrência. Portanto, a avaliação de risco deverá ser realizada com participação tanto do fabricante do equipamento, ou especialista, quanto do responsável pelo processo operacional. E não menos importante seguir o plano de inspeção e manutenção especificado para o equipamento.

Apesar desta norma ainda não ser compulsória, é recomendada a contratação de uma certificação voluntária, sendo assim, todo o processo de adequação do equipamento para a sua aplicação em uma atmosfera potencialmente explosiva aprovado por uma instituição idônea, como já realizado em equipamentos elétricos instalados nestas atmosferas, conforme Portaria n.º 179 do INMETRO, de 18 de maio de 2010.

A aplicação de uma norma nacional para equipamentos não elétricos em atmosferas explosivas traz um amadurecimento a nível nacional para o desenvolvimento de uma cultura de segurança de processo tornando assim os processos mais seguros e confiáveis. Como sugestões para trabalhos futuros, recomenda-se uma avaliação econômica detalhada comparando a aquisição de um equipamento certificado internacionalmente, por exemplo certificação ATEX, com um equipamento nacional oriundo de uma certificação voluntária das normas ABNT NBR ISO 80079 parte 36 e 37.

REFERÊNCIAS

AMARAL, C. E. F. **Apostila áreas classificadas - instrumentista reparador**. Disponível em: <<http://paginapessoal.utfpr.edu.br/camaral/instrumentacao-industrial/15%20-%20Apostila%20areas%20classificadas%20-%20instrumentista%20reparador.pdf/view>>.

Acesso em: 16 nov. 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR IEC 60079-10-1**: Equipamentos elétricos para atmosferas explosivas - Parte 10-1: Classificação de áreas – Atmosferas explosivas de gás. São Paulo: ABNT, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR IEC 60079-10-2**: Atmosferas explosivas: Parte 10-2: Classificação de áreas — Atmosferas de poeiras explosivas. São Paulo: ABNT, 2016a.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR IEC 60079-14**: Atmosferas explosivas. Parte 14: Projeto, seleção e montagem de instalações elétricas. São Paulo: ABNT, 2016b.

BREHM, K., BOTHE, H. Mechanical equipment for explosive atmospheres. VOL. 31, 2013. The Italian Association of Chemical Engineering.

COX, A.W.; LEE, F.P.; ANG, M.L. **Classification of Hazardous Locations**. United Kingdom: Institution of Chemical Engineers, 2000.

CROWL, D. A. **Understanding Explosions**. New York: AIChE, 2003.

e CFTV em atmosferas potencialmente explosivas. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Elétrica) – Universidade de São Paulo, São Carlos, 2012.

GALVÃO JUNIOR, R. L. **Estudo de instalações elétricas em áreas classificadas: uma verificação do laboratório de soldagem do curso de engenharia mecânica da UFERSA**. Monografia (Engenharia Elétrica, Ciências Ambientais e Tecnológicas) - Universidade Federal Rural do Semi Árido, Mossoró, 2011.

HAWKSWORTH, S.; ROGERS, S.; BEYER, M.; PROUST, C.; LAKIC, D.; GUMMER, J.; RAVEAU, D. Assessing the potential for ignition from mechanical equipment. 2006.

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

JURCA, A.M., VĂTAVU, N., LUPU, L., POPA, M. Determining the maximum surface temperature for non-electrical equipment aiming at explosion prevention at protection. MATEC Web Conf., 2020, 305, 26. <https://www.matec-conferences.org/component/makeref/?task=show&type=html&doi=10.1051/mateconf/202030500026>

MIGUEL, D. B.; RIBEIRO, G. V. **Soluções padrão para sistemas de detecção incêndio**
PRUGH, R.W. **Beyond Hazardous Area Classification Mechanical**. 2017. **Inspectioneering Journal**.

RACHADEL, J. P. NR 10: **SEGURANÇA EM INSTALAÇÕES E SERVIÇOS EM ELETRICIDADE**. Disponível em: <<https://www.passeidireto.com/arquivo/36712103/3-a-apostila-nr-10-areas-classificadas>>. Acesso em: 16 nov. 2021.

RANGEL Jr, E., PIRES, W.L. The new requirements of ISO 80079 series for the oil&gas industry process equipment. Petroleum and Chemical Industry Conference Europe (PCIC EUROPE). 2019.

RANGEL Jr., E. Safety in electrical installations in petroleum industry. I IEEE PCIC Mexico Conference Record, 2013.

RANGEL Jr., E., QUEIROZ, A. R., OLIVEIRA, M. F. The importance of inspections on electrical installations in hazardous locations. LXI IEEE PCIC Conference Record, 2014.

RANGEL Jr., E., SILVA, M. Risks due to static electricity in fuel distribution terminals. I IEEE PCIC Brasil Conference Record, 2006.

SILVA, J. Atmosferas explosivas – Instalação de equipamentos elétricos em áreas classificadas. 2ª ed. Jundiaí: Paco Editorial; 201