

Utilização prática de fluidos frigorigéneos inflamáveis Grupos de segurança A2L, A2 e A3

Utilisation pratique de réfrigérants inflammables
Groupes de sécurité A2L, A2 et A3

Practical use of flammable refrigerants
Security groups A2L, A2 and A3

ICS
71.100.45; 27.200

CORRESPONDÊNCIA

CÓDIGO DE PREÇO
X020

INQUÉRITO PÚBLICO

Este projeto de documento normativo está sujeito a inquérito público durante o prazo de 30 dias conforme indicado na publicação do Instituto Português da Qualidade "Publicação Oficial do IPQ". Eventuais críticas ou sugestões devem ser enviadas ao Instituto Português da Qualidade, Departamento de Normalização

APROVAÇÃO
2024-03-25

ELABORAÇÃO
CT 56 (APIRAC)

EDIÇÃO
2024-04-15

© IPQ reprodução proibida

Instituto Português da  Qualidade

Rua António Gião, 2
2829-513 CAPARICA PORTUGAL

Tel. + 351-212 948 100
E-mail: ipq@ipq.pt Internet: www.ipq.pt

Preâmbulo

O presente documento foi elaborado pela subcomissão SC 1 – Frio Industrial da Comissão Técnica de Normalização CT 56 Frio – Instalações e aplicações frigoríficas, cujo secretariado é assegurado pelo Organismo de Normalização Setorial, ONS-APIRAC.

Os profissionais dos setores da climatização e refrigeração estão, cada vez mais, a ser confrontados com equipamentos de refrigeração, ar condicionado e bombas de calor que contêm, ou, cujo funcionamento depende de fluidos frigorigéneos inflamáveis do grupo de segurança A2L, A2 ou A3. Este Guia Técnico, não sendo exaustivo, pretende melhorar a consciencialização de todos os interessados sobre como gerir melhor os riscos de saúde e segurança associados à utilização de fluidos frigorigéneos inflamáveis em equipamentos de refrigeração, ar condicionado e bombas de calor.

Este documento contém cor.

A impressão pode não reproduzir as cores apresentadas na versão eletrónica deste Guia.



Aviso: Documento com direitos de propriedade

© IPQ reprodução proibida

As normas e os documentos normativos são documentos abrangidos por direitos de Propriedade Intelectual a qual inclui a Propriedade Industrial, Direitos de Autor e Direitos Conexos. É proibida e punida, nos termos da legislação aplicável, a sua reprodução, utilização, distribuição ou divulgação pública, de qualquer parte deste documento, em qualquer formato, eletrónico ou mecânico, incluindo fotocópia ou colocação na internet ou numa intranet, sem autorização prévia escrita. A autorização deve ser requerida ao Instituto Português da Qualidade enquanto Organismo Nacional de Normalização.

Sumário	Página
Preâmbulo	2
1 Objetivo e campo de aplicação	5
1.1 Objetivos específicos do Guia	5
1.2 Objetivos não contemplados neste Guia	5
2 Referências normativas	6
3 Termos, definições e acrónimos	6
3.1 Termos e definições utilizadas neste Guia Técnico	7
3.2 Lista de acrónimos utilizados neste Guia Técnico	8
4 Razão da necessidade de fluidos frigoríficos inflamáveis	9
4.1 Breve resumo da evolução dos fluidos frigoríficos nos últimos 100 anos.....	9
4.2 Evolução dos fluidos frigoríficos para os próximos anos.....	10
4.3 Classificação de segurança dos fluidos frigoríficos.....	10
4.4 A Emenda de Kigali e o “phase-down” dos HFC.....	15
5 Requisitos de formação e certificação dos técnicos	16
5.1 Requisitos de formação.....	16
5.2 Requisitos de certificação – Exame.....	17
6 Legislação e normas	18
6.1 Legislação europeia	18
6.2 Legislação nacional.....	20
6.3 Normas relevantes	22
7 Sinalização e identificação de perigos	23
7.1 Nota prévia.....	23
7.2 Pictogramas de perigo	24
7.3 Marcação e rotulagem de sistemas e unidades	24
7.4 Marcação e rotulagem de tubagens.....	25
7.5 Marcação e rotulagem de recipientes sob pressão (garrafas de gás)	27
7.6 Sinalização de Atmosferas Explosivas – ATEX	28
8 Segurança eletrotécnica	29
8.1 Riscos e perigos	29
8.2 Avaliação de risco, controlo e deteção de sistemas.....	30
8.3 Norma NP EN 378 – Interpretação.....	31
8.4 Sistema de deteção de fugas.....	32

8.5 Sistemas de deteção fixos	34
8.6 Detetores portáteis.....	35
8.7 Regras técnicas de instalações elétricas de baixa tensão	35
8.8 Sistemas de proteção e controlo.....	36
9 Comissionamento de sistemas e instalações	39
9.1 Requisitos de comissionamento	40
9.2 aspetos preliminares do projeto	42
9.3 Especificação.....	42
9.4 Pré-comissionamento.....	43
9.5 Manuseamento de fluido frigorigéneo	43
9.6 Configuração do trabalho e ajustes.....	44
9.7 Arranque, paragem e estabilização.....	44
9.8 Entrega de documentação	45
9.9 Registo da instalação	46
10 Manutenção, reparação e assistência técnica.....	46
10.1 Manutenção preventiva e inspeções.....	47
10.2 Manutenção corretiva e revisão geral.....	51
11 Revisão/ alteração de instalações	58
11.1 Alteração ligeira (<i>drop-in</i>)	58
11.2 Alteração profunda (<i>retrofit</i>).....	59
12 Transporte de mercadorias perigosas	59
12.1 Termos e definições específicas sobre o transporte	60
12.2 Sistema de classificação de mercadorias perigosas	61
12.3 Transporte de fluidos frigorigéneos inflamáveis	61
12.4 Veículo de transporte de mercadorias perigosas.....	63
12.5 Garrafas destinadas a fluidos frigorigéneos inflamáveis	64
13 Armazenagem.....	68
Anexo A (informativo) Requisitos de formação dos técnicos	70
Anexo B (informativo) Verificações no pré-comissionamento de uma instalação	71
Anexo C (informativo) Tarefas de manutenção preventiva.....	73
Bibliografia	77

1 Objetivo e campo de aplicação

Este Guia destina-se a melhorar o conhecimento sobre como melhor gerir os riscos de saúde e de segurança associados aos serviços de instalação, reparação, manutenção ou assistência técnica e desmantelamento de equipamentos fixos de refrigeração, de ar condicionado ou bombas de calor que contenham fluidos frigorigéneos inflamáveis com uma classificação de segurança A2L, A2 ou A3.

A retirada do mercado de fluidos frigorigéneos fluorados (HFC) e a utilização crescente de fluidos frigorigéneos inflamáveis é uma consequência direta do *phase-down* estabelecido em outubro de 2016 no Protocolo de Montreal (Emenda Kigali), que entrou em vigor no dia 1 de janeiro de 2019.

1.1 Objetivos específicos do Guia

Com este Guia pretende-se efetuar a clarificação e o reforço dos mecanismos de modo a assegurar que os serviços de instalação, reparação, manutenção ou assistência técnica e desmantelamento de equipamentos fixos de refrigeração, ar condicionado e bombas de calor – seja num ambiente industrial, num ambiente comercial ou num ambiente doméstico – que contenham fluidos frigorigéneos inflamáveis são consistentemente fornecidos de acordo com os requisitos definidos nas Normas e Regulamentos abaixo referidos e outros requisitos aplicáveis.

As informações ou conselhos contidos neste Guia destinam-se ao uso somente por pessoas que tenham recebido formação técnica adequada no campo da refrigeração e do ar condicionado. As informações constantes deste guia foram compiladas apenas como uma ajuda e as informações ou conselhos devem ser verificados antes de serem colocadas em uso pelo técnico. Foram envidados esforços razoáveis para garantir que as informações ou recomendações sejam precisas, confiáveis e estejam em conformidade com as normas e leis vigentes na data da publicação.

Em todos os casos, o técnico deve estabelecer a aplicabilidade das informações ou conselhos em relação a quaisquer circunstâncias específicas e deve confiar em seu julgamento profissional em todos os momentos.

1.2 Objetivos não contemplados neste Guia

Este Guia foi criado para consciencializar, atualizar e complementar o conhecimento existente. NÃO substitui os cursos de formação profissional de técnicos especializados no manuseamento dos denominados gases fluorados e NÃO substitui cursos específicos de apoio à qualificação e credenciação técnica em fluidos frigorigéneos inflamáveis.

Este Guia NÃO cobre o uso de amoníaco (NH₃, R-717) como fluido frigorigéneo, em virtude de que as recomendações sobre a operação e a manutenção de sistemas de refrigeração por amoníaco são estabelecidas em documentação já existente, a qual estabelece cuidados adicionais em virtude da sua alta toxicidade.

Este Guia também NÃO é aplicável a instalações de grande risco, como por exemplo grandes instalações de armazenamento de produtos químicos ou grandes instalações industriais de processamento de gás natural liquefeito (GNL). Essas instalações podem conter grandes quantidades de hidrocarbonetos inflamáveis como fluidos frigorigéneos e já estão cobertas pela legislação existente e pelas normas nacionais/internacionais para instalações de grande risco.

Este guia NÃO abrange aplicações não estacionárias de fluidos frigorigéneos inflamáveis, como em ar condicionado de veículos (carros, camiões, autocarros, comboios, barcos, aeronaves) ou refrigeração de transporte de produtos perecíveis (rodoviário, ferroviário, aéreo, marítimo).

2 Referências normativas

Os documentos a seguir referenciados são, no todo ou em parte, indispensáveis à aplicação deste documento. Para referências datadas, apenas se aplica a edição citada. Para referências não datadas, aplica-se a última edição do documento referenciado (incluindo as emendas).

NP EN 378-1	<i>Sistemas frigoríficos e bombas de calor – Requisitos de segurança e proteção ambiental – Parte 1: Requisitos básicos, definições, classificação e critérios de escolha.</i>
NP EN 378-2	<i>Sistemas frigoríficos e bombas de calor – Requisitos de segurança e proteção ambiental – Parte 2: Projeto, construção, ensaios, marcação e documentação</i>
NP EN 378-3	<i>Sistemas frigoríficos e bombas de calor – Requisitos de segurança e proteção ambiental – Parte 3: Instalação no local e proteção das pessoas</i>
NP EN 378-4	<i>Sistemas frigoríficos e bombas de calor – Requisitos de segurança e proteção ambiental – Parte 4: Funcionamento, manutenção, reparação e recuperação</i>
EN 1363 (todas as partes)	<i>Fire resistance tests</i>
EN 1364 (todas as partes)	<i>Fire resistance tests for non-load bearing elements</i>
EN 12845	<i>Fixed firefighting systems – Automatic sprinkler systems – Design, installation and maintenance</i>
EN 14624	<i>Performance of portable leak detectors and of room monitors for halogenated refrigerants</i>
IEC 60079 (todas as partes)	<i>Explosive atmospheres</i>
EN 60204-1:2006	<i>Safety of machinery – Electrical equipment of machines – General requirements (IEC 60204-1:2005, modified)</i>
IEC 60364 (todas as partes)	<i>Low-voltage electrical installations</i>
ISO 817:2014	<i>Refrigerants – Designation and safety classification</i>
EN 1127-1	<i>Explosive atmospheres – Explosion prevention and protection – Part 1: Basic concepts and methodology</i>
ANSI/ASHRAE 34:2010	<i>Designation and Safety Classification of Refrigerants</i>

3 Termos, definições e acrónimos

Para os fins da presente documento aplicam-se os termos, definições e abreviaturas constantes na NP EN 378-1, bem como os seguintes.

3.1 Termos e definições utilizadas neste Guia Técnico

3.1.1 atmosferas inflamáveis e/ou explosivas

Mistura com o ar, em condições atmosféricas, de substâncias inflamáveis sob a forma de gases, vapores, névoas ou poeiras, na qual, após ignição, a combustão se propague a toda a mistura não queimada.

3.1.2 deteção de fugas

A deteção de fugas de fluido frigorígeno é o ato de localizar um derrame e caracterizar a natureza do perigo. A natureza pode ser tóxica, asfíxiante ou despoletar atmosfera inflamável.

3.1.3 drop-In

Termo utilizado para indicar uma modificação ligeira de equipamentos de refrigeração e ar condicionado em fim de vida ou onde não se justifica o investimento numa reconversão profunda. O drop-in envolve a mudança de um fluido frigorígeno para outro, onde o novo fluido frigorígeno tem a mesma classificação de segurança de inflamabilidade e toxicidade do fluido frigorígeno original, não havendo alteração nos componentes básicos de operação do ciclo, com exceção do óleo lubrificante. Normalmente são requeridos apenas pequenos ajustes no sistema para atingir o desempenho exigido (p. ex. ajuste do sobreaquecimento da válvula de expansão termostática).

3.1.4 equivalente de Dióxido de Carbono (CO₂-e)

Termo que também pode ser escrito com a abreviatura CO₂eq ou CO₂e, significa “emissão equivalente de dióxido de carbono”, é uma unidade padrão para medir as pegadas de carbono. A ideia é expressar o impacto de cada gás com efeito estufa em termos da quantidade de CO₂ que criaria a mesma quantidade de aquecimento. Dessa forma, uma pegada de carbono composta por vários gases de efeito estufa pode ser expressa como um único número. O CO₂-e é a medida do Potencial de Aquecimento Global (PAG) de um fluido frigorígeno. Quanto mais alto o PAG, ou quanto mais CO₂-e um fluido frigorígeno tiver, mais potencial terá para aumentar a mudança climática. A emissão equivalente de dióxido de carbono é o resultado da multiplicação das toneladas emitidas do GEE pelo seu potencial de aquecimento global.

3.1.5 gases com Efeito de Estufa (GEE)

Em inglês Greenhouse Gases (GHG), são substâncias gasosas que absorvem parte da radiação infravermelha, emitida principalmente pela superfície terrestre, e dificultam a sua fuga para o espaço. Isso faz com que ocorra uma perda demasiado pequena de calor para o espaço, mantendo a Terra aquecida. O efeito estufa é um fenómeno natural, esse fenómeno acontece desde a formação da Terra e é necessário para a manutenção da vida no planeta, pois sem ele, a temperatura média da Terra seria 33°C mais baixa, impossibilitando a vida no planeta, tal como conhecemos hoje. O aumento dos gases com efeito de estufa na atmosfera têm potencializado esse fenómeno natural, causando um aumento da temperatura (fenómeno denominado mudança climática).

3.1.6 phase-down

Metas de redução gradual dos gases fluorados de 2015 a 2030 por meio de um sistema de quotas e proibições setoriais de fluidos frigorígenos de alto PAG, estabelecidas em outubro de 2016 na Emenda Kigali (Protocolo de Montreal) e que entraram em vigor no dia 1 de janeiro de 2019.

3.1.7 Potencial de Aquecimento Global (PAG)

Em inglês Global Warming Potential (GWP), corresponde a um número que expressa o potencial impacto que um fluido frigorígeno teria no aquecimento global se fosse lançado para a atmosfera. Trata-se de um valor relativo que compara o impacto de 1 kg de fluido frigorígeno com 1 kg de CO₂ ao longo de um período de 100 anos. Embora este impacto possa ser evitado prevenindo fugas e garantindo

uma recuperação em fim de vida adequado, a escolha de um fluido frigorigéneo com um menor PAG e a redução do volume de fluido frigorigéneo vai minimizar o risco para o ambiente em caso de fuga acidental.

3.1.8 Potencial de destruição do ozono (PDO)

Em inglês Ozone Depletion Potential (ODP), corresponde a um número que expressa o impacto nocivo de uma substância química na camada de ozono estratosférica. Trata-se de um valor relativo que compara o impacto de um fluido frigorigéneo com uma massa semelhante de R-11, logo, o PDO (ODP) do R-11 é definido como 1.

3.1.9 retrofit

Reconversão profunda de equipamentos de refrigeração e ar condicionado, com substituição do fluido frigorigéneo existente por outro fluido frigorigéneo de menor PAG e características aproximadas ao fluido original e adequado à aplicação. Para além da substituição total do fluido frigorigéneo, há necessidade de substituir o óleo lubrificante por outro que seja compatível, havendo muitas vezes alterações subsequentes de outros componentes da instalação (p. ex. válvula expansora termostática, válvula eletromagnética, filtro secador, visor de líquido e alguns vedantes compatíveis em simultâneo com o novo fluido e o novo óleo), dependendo da pressão de trabalho.

3.2 Lista de acrónimos utilizados neste Guia Técnico

ADR	Acordo Europeu Relativo ao Transporte Internacional de Mercadorias Perigosas por Estrada
ANPC	Autoridade Nacional de Proteção Civil
ATEX	Atmosferas Explosivas
AVAC&R	Aquecimento, Ventilação, Ar Condicionado e Refrigeração
CFC	Clorofluorcarboneto
COTIF	Convenção Relativa aos Transportes Internacionais Ferroviários
DGERT	Direção-Geral do Emprego e das Relações de Trabalho
EPI	Equipamento de proteção individual
GEE	Gases de Efeito de Estufa (<i>Greenhouse Gases</i> , GHG)
GHS	Sistema Mundial Harmonizado de Classificação e Rotulagem de Produtos Químicos (<i>Globally Harmonized System</i> , GHS)
HCFC	Hidroclorofluorcarboneto
HFC	Hidrofluorcarboneto
HFO	Hidrofluoro olefinas
LFL	Limite de Inflamabilidade Inferior (<i>Lower Flammability Limit</i> , LFL)
PAG	Potencial de Aquecimento Global (<i>Global Warming Potential</i> , GWP)
PDO	Potencial de Destruição do Ozono (<i>Ozone Depletion Potential</i> , ODP)
RCL	Limite de concentração de fluido frigorigéneo (<i>Refrigerant Concentration Limit</i> , RCL)
RTIEBT	Regras Técnicas das Instalações Elétricas de Baixa Tensão
UFL	Limite Superior de Inflamabilidade (<i>Upper Flammability Limit</i> , UFL)

4 Razão da necessidade de fluidos frigoríficos inflamáveis

Para melhor se compreenderem as razões que hoje levam à adoção, em larga escala, do uso de fluidos frigoríficos inflamáveis tanto na refrigeração como no ar condicionado, far-se-á primeiro uma pequena viagem à história recente (século passado) do desenvolvimento dos fluidos frigoríficos.

4.1 Breve resumo da evolução dos fluidos frigoríficos nos últimos 100 anos

- Até 1920, muitos dos fluidos frigoríficos originais (por exemplo: amoníaco, dióxido de enxofre, éter etílico e cloreto de metilo) eram tóxicos, ou inflamáveis, ou ambos, o que resultou em riscos de segurança para o pessoal da indústria da refrigeração e do ar condicionado.
- Na década de 30 surgem os primeiros fluidos frigoríficos sintéticos. Os clorofluorcarbonetos (CFC), como o R12 e os hidroclorofluorcarbonetos (HCFC), como o R22, foram desenvolvidos para a indústria do ar condicionado e da refrigeração, pois eram não-tóxicos, não-inflamáveis e mais seguros de usar.
- Até ao início da década de 70 não se conhecia o efeito que a atividade humana exercia na depleção da camada de ozono. Porém, tal como evidenciado pelas descobertas realizadas por Molina e Rowland (1974), os fluidos frigoríficos à base de cloro provaram ser suficientemente estáveis para alcançar a estratosfera e agir como catalisadores na destruição da camada do ozono.
- Em virtude da relação estabelecida com as atuais alterações climáticas, devido à fuga de fluidos frigoríficos bem como às emissões de CO₂ derivadas da produção da energia utilizada, foi fomentada a necessidade de desenvolver sistemas de refrigeração eficientes e com o mínimo impacto no meio ambiente. Esta necessidade acabou assim por originar não só um compromisso por parte da comunidade científica na descoberta de soluções ambientalmente mais favoráveis, bem como uma legislação cada vez mais rígida quer a nível nacional como a nível internacional. Deste modo, na década de 80, com o intuito de proteger a camada de ozono, foi assinado um tratado internacional, o Protocolo de Montreal, e com ele começou a eliminação dos fluidos frigoríficos CFC e HCFC que destroem a camada de ozono (como o R12 e o R22).
- A primeira reação das indústrias química e de refrigeração ao Protocolo de Montreal foi procurar fluidos frigoríficos temporários, a maioria baseada no R22, com propriedades ambientais mais favoráveis e que poderiam ser usados até que alternativas melhores pudessem ser desenvolvidas. Visto possuírem propriedades físico-químicas semelhantes às dos CFC, aliadas a um PDO nulo ou reduzido e a uma boa adaptação aos sistemas precedentes, os HCFC (como o R410A e o R134a) foram escolhidos para uso temporário. Enquanto isso, os Hidrofluorcarbonetos (HFC)¹⁾ foram eleitos para uso a longo prazo visto possuírem um PDO nulo.
- Contudo, por possuírem cloro na sua composição, os HCFC ainda representam uma ameaça para a camada do ozono, embora mais reduzida. Deste modo, após sucessivas emendas, os HCFC acabariam também por serem considerados no Protocolo de Montreal e os prazos para a sua descontinuação estabelecidos na Emenda de Copenhaga (1992).
- A resposta bem-sucedida à depleção da camada de ozono contrasta nitidamente com o agravamento das mudanças climáticas, nomeadamente o aumento das temperaturas médias globais do ar e dos oceanos. Perante isto, percebeu-se que as alternativas possuíam os seus inconvenientes e que outro problema tinha surgido: o aquecimento global.

¹⁾ HFC (Hidrofluorcarboneto): Halocarbono contendo apenas hidrogénio, flúor e carbono.

- Nos finais dos anos 90 continua a aumentar a preocupação mundial devido ao facto dos HFC terem alto potencial de aquecimento global (PAG) e poderem contribuir significativamente para as mudanças climáticas. Os HFC acabaram por integrar as metas vinculativas do Protocolo de Quioto (1997), cujo objetivo é a redução das emissões coletivas de gases de efeito de estufa. No seguimento deste compromisso global, foi publicado o Regulamento (CE) n.º 842/2006, de 17 de maio, do Parlamento Europeu e do Conselho, relativo a determinados gases fluorados com efeito de estufa.
- Em 2016, o protocolo de Montreal (emenda Kigali) estabelece que a partir do dia 1 de janeiro de 2019 será progressivamente eliminada a produção e a importação de HFC que tenham elevado PAG.
- Em 2018 aumenta a taxa de substituição de fluidos frigoríficos de alto PAG por fluidos frigoríficos de baixo PAG. Começam a surgir HFC de baixo PAG, hidrofluoro olefinas (HFO)²⁾ de baixo PAG e fluidos frigoríficos naturais tais como o amoníaco (NH₃), o dióxido de carbono (CO₂) e os hidrocarbonetos (HC)³⁾.

4.2 Evolução dos fluidos frigoríficos para os próximos anos

À medida que a legislação europeia e internacional se torna mais exigente, a quantidade de fluidos frigoríficos disponíveis permitidos diminui, tornando-se cada vez mais urgente encontrar soluções adequadas, ambientalmente seguras e energeticamente eficientes.

Atualmente, a indústria da refrigeração e do ar condicionado enfrenta um dilema: a necessidade de mudar para fluidos frigoríficos com baixo PAG, o que geralmente significa um aumento no uso de fluidos frigoríficos inflamáveis, o que, por sua vez, significa mudanças radicais nas práticas e na segurança.

No futuro iremos encontrar cada vez mais fluidos frigoríficos alternativos aos HFC devido ao regulamento Europeu dos F-Gases (Gases Fluorados com Efeito de Estufa) e ao calendário para a proibição internacional da utilização de substâncias com elevado Potencial de Aquecimento Global (PAG).

Para diminuir o impacto do aquecimento global é necessário dispor de uma molécula menos estável como fluido frigorífico, o que significa que essa substância passa a ser inflamável.

Atualmente:

- Os HC são agora amplamente utilizados em pequenos sistemas integrais, bem como em alguns sistemas maiores.
- Os HFO, como o R1234ze, têm menor inflamabilidade e estão sendo introduzidos em aplicações de teste.
- Os HFC inflamáveis, como o R32, também estão começando a ser usados.

Como consequência desta evolução, os equipamentos e as ferramentas de instalação, manutenção e reparação dos futuros equipamentos que contenham fluidos frigoríficos inflamáveis de baixo PAG terão de ser adequadamente manuseados por técnicos com competência adequada.

4.3 Classificação de segurança dos fluidos frigoríficos

Antes de se fazer a classificação de segurança dos fluidos frigoríficos, convém fazer primeiro uma breve introdução a um conjunto de conceitos e de parâmetros que lhe estão intrinsecamente associados.

²⁾ HFO (Hidrofluoro olefina): Halocarboneto contendo apenas hidrogénio, flúor e carbono insaturado.

³⁾ HC (Hidrocarboneto): Substâncias de ocorrência natural contendo apenas hidrogénio e carbono.

4.3.1 Limites de inflamabilidade

Existem vários parâmetros principais que caracterizam o nível de inflamabilidade (1, 2L, 2, 3) de um fluido, que incluem a sua velocidade de combustão, o limite inferior de inflamabilidade (LFL⁴⁾), o limite superior de inflamabilidade (UFL⁵⁾), a energia mínima de ignição (MIE⁶⁾) e o calor de combustão (HOC⁷⁾). Todos estes parâmetros têm impacto sobre o modo como o fluido pode ser utilizado.

O Limite Inferior de Inflamabilidade (LFL) é a concentração mínima de gás no ar necessária para que o produto se torne potencialmente combustível. A combustão não é possível em qualquer concentração menor que a LFL. O LFL pode ser expresso como uma concentração de quilogramas de gás por metro cúbico de ar (kg/m³) ou como percentagem do volume de ar (% v/v).

O Limite Superior de Inflamabilidade (UFL) é a concentração máxima de gás no ar acima da qual a combustão não é possível. A mistura produto/ar não pode entrar em combustão com oxigénio em qualquer concentração maior que a UFL.

Um fluido frigorígeno inflamável só pode queimar entre o Limite Inferior de Inflamabilidade (LFL) e o Limite Superior de Inflamabilidade (UFL), isto é, concentrações entre o LFL e o UFL apresentam o maior risco de combustão (Figura 1).

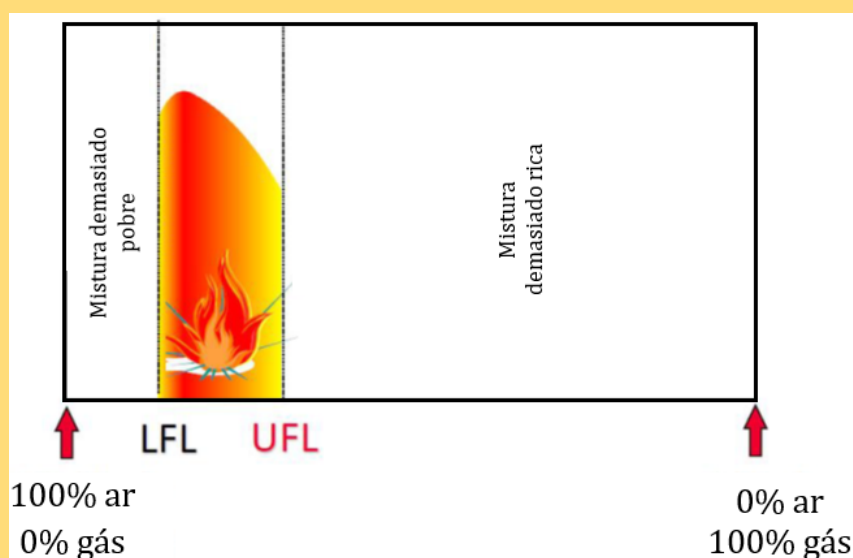


Figura 1 – Concentrações entre LFL e UFL apresentam o maior risco de combustão

No [Quadro 2](#) apresentam-se os parâmetros que caracterizam o nível de inflamabilidade de alguns fluidos frigorígenos das classes A2L, A2 e A3.

⁴⁾ LFL = Lower Flammability Limit [kg/m³]

⁵⁾ UFL = Upper Flammability Limit [kg/m³]

⁶⁾ MIE = Minimum Ignition Energy [J]

⁷⁾ HOC = Heat of Combustion [MJ/kg]

Quadro 2 - Parâmetros caracterizadores da inflamabilidade de alguns fluidos frigoríficos

Fluido	Grupo de segurança	Nome	Limite prático	Inflamabilidade				Temperatura de autoignição
				Limite inferior (LFL)		Limite superior (UFL)		
			kg/m ³	kg/m ³	% v/v	kg/m ³	% v/v	°C
R32	A2L	Difluorometano	0,061	0,306	14,4	0,71	33,4	648
R600a	A3	Isobutano	0,008	0,043	1,7	0,202	9,7	530
R290	A3	Propano	0,008	0,038	2,1	0,171	9,6	450
R170	A3	Etano	0,008	0,037	3,3	0,19	10,6	515
R1270	A3	Propileno	0,008	0,043	0,174	0,174	10,1	455

Todos os fluidos frigoríficos inflamáveis (classe 2L e superior) não inflamarão se o nível de concentração numa sala permanecer abaixo do limite inferior de inflamabilidade (LFL).

Os padrões de segurança internacionais definem os requisitos técnicos para ajudar a garantir que as salas permaneçam abaixo do limite inferior de inflamabilidade em caso de fuga acidental de fluido frigorífico. Isto é alcançado principalmente através de limitações de carga de fluido.

O objetivo dos limites de carga especificados nas normas de projeto de sistemas de refrigeração é reduzir a probabilidade de que uma fuga de fluido frigorífico crie uma atmosfera que atinja o LFL do fluido e, caso isso ocorra, que as medidas de controlo e mitigação sejam implementadas para reduzir a probabilidade de ignição.

De um modo geral pode estabelecer-se que:

- Fluidos frigoríficos com LFL mais altos são mais seguros - porque são necessárias maiores concentrações de fluido para obter uma mistura inflamável;
- Fluidos frigoríficos com MIE mais altos (energia mínima de ignição) são mais seguros - porque requerem que uma fonte de ignição mais forte esteja presente para iniciar o processo de combustão;
- Fluidos frigoríficos com velocidades de queima mais baixas são mais seguros - porque reduzem a propagação de chamas de um evento.

4.3.2 Diagrama matricial do sistema de classificação de grupos de segurança dos fluidos frigoríficos

Classificação de segurança significa um nível de risco que é alocado para um dado fluido frigorífico, com base na toxicidade, inflamabilidade ou limite de privação de oxigênio para esse tipo específico de fluido frigorífico.

A norma internacional ISO 817:2014 *Refrigerants - Designation and Safety Classification*⁸⁾ faz a classificação de segurança dos fluidos frigoríficos através de dois caracteres alfanuméricos:

- A letra A para menor toxicidade e a letra B para maior toxicidade,
- O número 1, 2L, 2 ou 3, dependendo da inflamabilidade.

⁸⁾ As classificações de segurança definidas na ISO 817:2014 também são atualmente usadas no Anexo E da NP EN 378-1:2018.

Isso resulta em 8 possíveis classificações de segurança para um fluido frigorigéneo, como se esquematiza no diagrama matricial apresentado no [Quadro 3](#).

Quadro 3 - Diagrama matricial do sistema de classificação de grupos de segurança, de acordo com a ISO 817:2014

A3	B3	Inflamabilidade elevada
A2	B2	Inflamável
A2L	B2L	Inflamabilidade reduzida (moderada)
A1	B1	Não inflamável (sem propagação de chamas)

Baixa toxicidade Elevada toxicidade

- A grande maioria dos fluidos frigorigéneos que são correntemente usados estão classificados como A1, i.e., baixa toxicidade/não-inflamáveis. Por exemplo, R-134a, R-404A e R-410A caem nesta categoria.
- R-32, R-1234yf e R-1234ze (E) são exemplos de fluidos frigorigéneos A2L, i.e., baixa toxicidade/baixa inflamabilidade.
- R-152a é um exemplo dum fluido A2, i.e., baixa toxicidade/inflamável.
- R290, R-600a e R-1270 são exemplos de fluidos frigorigéneos A3, i.e., baixa toxicidade/alta inflamabilidade.
- R-717 é um exemplo de um fluido B2L, i.e., alta toxicidade/baixa inflamabilidade.
- R-1130 (E) é um exemplo de um fluido B2, i.e., alta toxicidade/inflamável.

4.3.3 Classificação de toxicidade

Do ponto de vista da toxicidade, a cada fluido frigorigéneo é atribuída uma das duas classes, A ou B, com base na exposição permitida:

- **Classe A - Menor toxicidade crónica**

Esta classe de segurança indica fluidos frigorigéneos que têm um limite de exposição ocupacional de 400 ppm ou superior.

- **Classe B - Maior toxicidade crónica**

A classe B indica fluidos frigorigéneos que têm um limite de exposição ocupacional inferior a 400 ppm.

Entende-se por Toxicidade Crónica o(s) efeito(s) adverso(s) para a saúde resultante(s) de exposições repetidas a longo prazo.

O Limite de Exposição Ocupacional representa a concentração média ponderada no tempo para um dia normal de trabalho de oito horas e uma semana de trabalho de 40 horas à qual quase todos os trabalhadores podem ser expostos repetidamente sem efeito adverso.

NOTA: Por não ser objetivo deste Guia, não se aprofundará mais este tema.

4.3.4 Classificação de inflamabilidade

A caracterização da classificação de segurança dos fluidos frigorigéneos em termos de inflamabilidade encontra-se resumida no [Quadro 4](#).

Quadro 4 - Caracterização da classificação de segurança dos fluidos frigorigéneos em termos de inflamabilidade

Classificação de segurança		Limite inferior de inflamabilidade (% no ar em volume)	Calor de combustão (kJ/kg)	Propagação de chama
A1	Não inflamável (sem propagação de chamas)	Nenhuma propagação de chama quando testados a 60 °C e 101,3 kPa		
A2L	Inflamabilidade reduzida (moderada)	> 3,5	< 19 000	Exibem propagação da chama quando testados a 60 °C e 101,3 kPa e têm uma velocidade máxima de queima ≤ 10 cm/s quando testados a 23 °C e 101,3 kPa
A2	Inflamável	> 3,5	< 19 000	Exibem propagação da chama quando testados a 60 °C e 101,3 kPa
A3	Inflamabilidade elevada	$\leq 3,5$	$\geq 19 000$	Exibem propagação da chama quando testados a 60 °C e 101,3 kPa

- **Classe 1 - Sem propagação de chamas**

Esta classe de segurança indica fluidos frigorigéneos que não mostram propagação de chama quando testados em ar a 60 °C e 101,3 kPa. Dito de outro modo, não há risco de inflamabilidade.

Alguns exemplos de fluidos frigorigéneos desta classe de inflamabilidade são: R-134a, R-410A e R-22.

- **Classe 2L - Inflamabilidade reduzida (moderada)**

A classe 2L indica fluidos frigorigéneos que abrangem cumulativamente as condições seguintes:

- a) exibem propagação de chama quando testados no ar a 60 °C e 101,3 kPa;
- b) têm um LFL > 3,5% (em volume);
- c) têm um Calor de Combustão < 19 000 kJ/kg
- d) têm uma velocidade máxima de combustão ≤ 10 cm/s quando testados a 23°C e 101,3 kPa;
- e) Alguns exemplos de fluidos frigorigéneos classificados na classe 2L de inflamabilidade são: R-1234yf, R-1234ze, R-717 (Amoníaco).

NOTA: Esta subclassificação foi feita para acomodar a nova linha de fluidos frigorigéneos HFO, especificamente o novo fluido frigorigéneo automotivo HFO-1234yf.

- **Classe 2 - Inflamável**

A classe 2 indica fluidos frigorigéneos que abrangem cumulativamente as condições seguintes:

- a) exibem propagação de chama quando testados no ar a 60 °C e 101,3 kPa;
- b) têm um LFL > 3,5 % (em volume);
- c) têm um Calor de Combustão < 19 000 kJ/kg;

Alguns exemplos de fluidos frigorigéneos classificados na classe 2 de inflamabilidade são: R-717 (Amoníaco), R-141b e R-143a.

- **Classe 3 – Inflamabilidade elevada**

A classe 3 indica fluidos frigorigéneos que abrangem cumulativamente as condições seguintes:

- a) exibem propagação de chama quando testados no ar a 60°C e 101,3 kPa;
- b) têm um LFL ≤ 3,5 % (em volume) ou têm um Calor de Combustão ≥ 19 000 kJ/kg.

Alguns exemplos de fluidos frigorigéneos classificados na classe 3 da inflamabilidade são os hidrocarbonetos tais como: R-170 (Etano), R290 (Propano) e R-600a (Isobutano).

No [Quadro 5](#) podem-se observar as diferenças existentes entre fluidos frigorigéneos com diferentes classificações de inflamabilidade.

Quadro 5 – Velocidade e calor de combustão típicos das diferentes classes de inflamabilidade dos fluidos frigorigéneos

Classificação	A3	A2	B2L	A2L
Substância	Propano	HFC-152a	Amoníaco	HFC-32
Velocidade de combustão	39 cm/s	23 cm/s	7,2 cm/s	6,7 cm/s
Calor de combustão	46 MJ/kg	16 MJ/kg	19 MJ/kg	9 MJ/kg

De acordo com o Anexo E – Classificação de Segurança e Informação acerca dos fluidos frigorigéneos da norma NP EN 378-1:2018 e tendo em consideração os fluidos frigorigéneos mais comuns (excluindo-se o amoníaco em virtude de o mesmo ser coberto em documentação separada), este Guia abrange os fluidos frigorigéneos cuja classificação de segurança seja A2L, A2 ou A3.

4.4 A Emenda de Kigali e o “phase-down” dos HFC

Com o objetivo de proteger o clima e a camada de ozono, em outubro de 2016, durante a 28ª Reunião das Partes do Protocolo de Montreal sobre Substâncias que Destroem a Camada de Ozono, realizada em Kigali/Ruanda, mais de 170 países concordaram em alterar o Protocolo. A Emenda de Kigali visa a eliminação progressiva dos HFC, reduzindo a sua produção e o seu consumo.

Dado o seu nulo impacto na destruição da camada de ozono, os HFC são atualmente utilizados como substitutos dos HCFC e CFC, porém são poderosos gases com efeito estufa.

Com a Emenda de Kigali, o Protocolo de Montreal tornou-se um instrumento ainda mais poderoso contra o aquecimento global. A alteração entrou em vigor no dia 1 de janeiro de 2019 tendo já sido ratificada por 136 países, incluindo Portugal. A meta é atingir uma redução de mais de 80 % no consumo de HFC até 2047 ([Figura 2](#)).

O impacto da Emenda de Kigali evitará um aumento de até 0,5 °C na temperatura global até ao final do século.

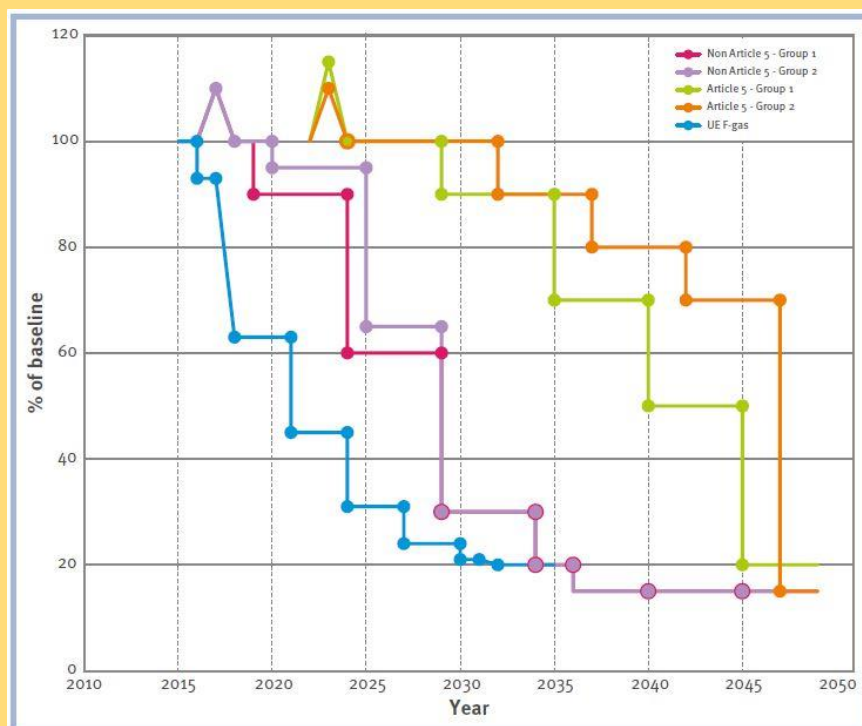


Figura 2 – Visão geral das reduções progressivas de HFC que são impostas à indústria (fonte: UNIDO – United Nations Industrial Development Organization)

5 Requisitos de formação e certificação dos técnicos

As informações apresentadas nas [Secções 4 e 5](#) são bastante importantes para conhecimento dos técnicos, pois o manuseamento e a exploração dos sistemas frigoríficos, podem estar em risco se a utilização de fluidos frigoríficos inflamáveis for feita por técnicos não identificados com as necessidades específicas destes fluidos, nomeadamente o manuseamento geral dos fluidos e o conhecimento e utilização das normas de segurança para fluidos frigoríficos inflamáveis.

Em Portugal, atendendo à falta de legislação neste tema, os fluidos frigoríficos inflamáveis podem ser adquiridos e manuseados por todos os técnicos, quer sejam certificados em gases fluorados ou não. Porém, a realidade é que, desde 2019, os fluidos frigoríficos utilizados na maioria das novas instalações de sistemas de refrigeração, ar condicionado e bombas de calor contêm fluidos frigoríficos inflamáveis. Neste sentido, é urgente criar legislação nacional para evitar a utilização indevida destes fluidos.

De forma a ultrapassar esta lacuna, apresentam-se de seguida alguns requisitos que deviam existir para formação e certificação dos técnicos.

5.1 Requisitos de formação

Esta formação preparatória não deve ser obrigatória e deve ter por base a formação prévia de gases fluorados de efeito de estufa, categoria I.

A formação não se deve preocupar com os aspetos já tratados na formação de gases de efeito de estufa, deve por outro lado explorar a análise prévia dos sistemas, a sua localização e as normas de segurança a aplicar caso a caso.

A questão da análise do local e do sistema, da volumetria do espaço interior, da ventilação, do controlo das ignições e da carga máxima do fluido, são pontos importantíssimos e fundamentais a ter em conta nesta formação preparatória para os exames de certificação.

Em resumo, a formação teórica e prática dos técnicos deve-se basear nos seguintes pontos:

1. Conhecimento das características técnicas específicas de cada fluido e da sua classificação de segurança. Aconselha-se a enumerar vários fluidos frigorigéneos de diferentes famílias, como por exemplo os seguintes fluidos: Propano, Butano, Isobutano, Propileno, R1234yf, R1234ze, R32.
2. Conhecimento e aplicação das normas de segurança NP EN 378-1 adequadas a cada fluido e a cada situação.
3. Conhecimento das ferramentas mais adequadas a cada tipo de fluido.
4. Necessidade de sinalética, extintores e prevenção de riscos.
5. Procedimentos necessários em caso de reparação e instalação.
6. Execução prévia de uma listagem (*check-list*) enumerando os pontos importantes a ter em conta para evitar problemas de segurança em caso de fuga de fluido.
7. Conhecimentos em manuseamento, transporte e armazenagem em segurança.
8. Duração mínima da formação – 8 h (inclui a parte teórica e prática).

NOTA 1 à secção: O Anexo A contém pormenores sobre os requisitos de formação.

NOTA 2 à secção: A entidade formadora deve estar certificada pela DGERT, na área da refrigeração e ar condicionado, e ter formação específica em fluidos frigorigéneos inflamáveis.

5.2 Requisitos de certificação – Examinação

Esta certificação não deve obrigar à formação prévia, o técnico pode solicitar diretamente a examinação para a certificação de fluidos frigorigéneos inflamáveis desde que tenha a certificação de fluorados categoria 1.

Mesmo não sendo obrigatório, a formação prévia é aconselhável para que os técnicos cimentem bem os conhecimentos essenciais, antes de se submeterem ao exame teórico e prático de certificação de inflamáveis.

1. Certificação prévia obrigatória em gases fluorados, categoria 1. A certificação de fluorados deverá estar ativa.
2. Avaliação teórica e prática com uma duração aproximada total de 3 h. Na avaliação teórica do técnico deverá ser submetido a um exame com o mínimo de 20 perguntas do tipo escolha múltipla. Na avaliação prática o técnico deverá ser submetido a dois ou três protocolos que representem simulações de casos reais.
3. Para a obtenção do Certificado os candidatos deverão ter aproveitamento mínimo de 70 % em ambos os exames.
4. A duração desta certificação deverá ser no mínimo de 5 anos, podendo ser renovada ao fim deste período.
5. As qualificações e conhecimentos mínimos a avaliar estão listados a seguir:
 - Introdução ao PAG(GWP) e à Classificação de Segurança atual;

- Retirada de mercado de fluidos frigorigéneos fluorados (HFC, “*phase out*”);
- Fluidos frigorigéneos inflamáveis – HFC, HFO e HC – Características técnicas dos mesmos e comparação das características técnicas entre fluidos;
- Utilização segura de fluidos frigorigéneos inflamáveis, ferramentas adequadas, sinalética, extintores e análise de risco;
- Norma NP EN 378-1, saber consultar e utilizar para cada caso específico;
- Armazenamento e transporte de fluidos frigorigéneos inflamáveis em segurança e de acordo com a legislação;
- Valores de referência para Alarmes;
- Substituição de fluidos frigorigéneos fluorados.

NOTA: A entidade certificadora de pessoas, na área da refrigeração e ar condicionado, deve estar certificada pelo IPAC e fazer a certificação específica em fluidos frigorigéneos inflamáveis.

6 Legislação e normas

Nesta Secção pretendemos fazer uma breve referência à legislação europeia e nacional, assim como, algumas normas relevantes para as questões de segurança e avaliação de riscos dos equipamentos de AVAC&R, dando ênfase aos documentos específicos que incidem sobre o tema das Atmosferas Explosivas (ATEX), devido à utilização dos fluidos frigorigéneos inflamáveis.

6.1 Legislação europeia

6.1.1 Diretiva de Baixa Tensão

A Diretiva 2014/35/UE, de 26 de fevereiro de 2014, define os requisitos essenciais para equipamentos elétricos. Os equipamentos elétricos só devem ser colocados no mercado se não representarem perigo para a saúde e segurança de pessoas e animais domésticos, ou bens, quando devidamente instalados e mantidos e utilizados nas aplicações para as quais foram fabricados.

6.1.2 Diretiva dos Equipamentos sob Pressão

A Diretiva 2014/68/UE, de 15 de maio de 2014, aplica-se ao projeto, fabrico e avaliação de conformidade dos equipamentos sob pressão e dos conjuntos sujeitos a uma pressão máxima admissível, PS, superior a 0,5 bar.

6.1.3 Diretiva Máquinas

A Diretiva 2006/42/CE, de 17 de maio de 2006, recentemente substituída pelo Regulamento (UE) 2023/1230, de 29 de junho de 2023, veio harmonizar a conceção e o fabrico de máquinas, definindo os requisitos essenciais para a saúde e a segurança dos trabalhadores e dos consumidores, tendo em vista proteger a segurança dos utilizadores e garantir a livre circulação dos equipamentos no mercado da União Europeia.

6.1.4 Diretivas ATEX

Conhecidos os efeitos da libertação inesperada dum fluido inflamável, se essa libertação se der numa zona de trabalho classificada como zona ATEX, em princípio, nada deverá ocorrer que possa pôr em risco a saúde ou a integridade física de pessoas e bens, pois que nela, obrigatoriamente encontrar-se-ão implementadas todas as exigências e cumpridos todos os requisitos obrigatórios para a obtenção da

aprovação para funcionamento. Porém, para que possa existir essa garantia de segurança e de absoluta tranquilidade, terão de estar cumpridos um conjunto de preceitos e de regras de segurança universalmente estabelecidos, e com caráter obrigatório

Ao longo dos últimos 20 anos foram criados documento europeus com a finalidade de defender todos os que trabalham ou poderão estar de algum modo expostos a fluidos frigoríficos que comportem em si os perigos inerentes às suas características próprias, de inflamabilidade e toxicidade.

Atualmente existem duas diretivas que definem as condições de segurança obrigatórias em áreas com risco de explosão. São esses documentos a Diretiva 1999/92/CE, de 16 de dezembro de 1999, e a Diretiva 2014/34/UE, de 26 de fevereiro de 2014.

6.1.5 Diretiva 1999/92/CE

Esta Diretiva estabelece os requisitos mínimos de proteção quer de segurança quer da saúde, dos trabalhadores suscetíveis de serem potencialmente expostos aos riscos derivados de atmosferas explosivas. Com vista à prevenção e proteção contra explosões, a diretiva exige que o empregador tome medidas técnicas e organizativas adequadas à natureza das operações que realizam. Para melhor entendimento destas medidas e dos restantes conteúdos da Diretiva recomendamos a leitura do Guia de boas práticas, não vinculativo, para a aplicação da Diretiva 1999/92/CE “ATEX” (atmosferas explosivas), relativo à saúde e segurança no local de trabalho, produzido pela Comissão Europeia.

6.1.6 Diretiva 2014/34/UE

Esta Diretiva é aplicável aos aparelhos e sistemas de proteção destinados a serem utilizados em atmosferas potencialmente explosivas; é aplicada ainda aos dispositivos de segurança, de controlo e de regulação, destinados a serem utilizados fora das atmosferas potencialmente explosivas, mas que integrem ou sejam indispensáveis para o funcionamento seguro dos aparelhos e sistemas de proteção no que se refere aos riscos de explosão.

6.1.7 Regulamento (UE) 2016/425

Este regulamento estabelece os requisitos para a conceção e o fabrico de equipamentos de proteção individual (EPI) destinados a ser disponibilizados no mercado, a fim de assegurar a proteção da saúde e a segurança dos utilizadores. A nível nacional, o Decreto-Lei n.º 118/2019, de 21 de agosto, assegura a execução na ordem jurídica interna as obrigações decorrentes do Regulamento (UE) 2016/425, relativo aos equipamentos de proteção individual.

Face à crescente utilização de fluidos frigoríficos inflamáveis, por todos que trabalham com sistemas AVAC&R é reconhecida a importância da existência de EPI, para as pessoas que possam, quer por interferência direta ou indireta da sua atividade, quer por poder ser esse o seu local de trabalho, ser sujeitas a atmosferas perigosas, muito particularmente, a atmosferas inflamáveis.

Colocam-se neste patamar de perigosidade, para além das intervenções de manutenção e assistência técnica a equipamentos carregados com fluidos frigoríficos inflamáveis, as situações inesperadas de fuga ocasional de fluido numa área fabril, onde se desenvolvam outras atividades relacionadas com o fabrico de equipamentos, mas onde se faça, p. ex. também, a sua carga (o enchimento do circuito frigorífico), ou, ainda, áreas de fabrico de móveis expositores de frio comercial ou profissional, onde em simultâneo poderá trabalhar pessoal não especializado e/ou, não rotinado com os mesmos perigos que para o técnico de AVAC&R serão recorrentes.

Nestes casos torna-se imperativa a disponibilização de EPI's pela entidade patronal que, em conformidade com as regras obrigatórias derivadas da legislação de segurança no trabalho, deverão de

facto estar disponíveis para todo o pessoal não especialista, desconhecedor quer do manuseamento dos fluidos frigoríficos, quer da exata dimensão dos perigos, e que possa, em caso de um incidente nas proximidades da sua zona de trabalho, ser intempestivamente “alcançado” por uma acidental fuga do fluido frigorífico inflamável.

Todos os EPI's destinados a utilização em atmosferas potencialmente explosivas devem ser concebidos e fabricados de tal modo que não possam ser, eles próprios, origem de quaisquer faíscas ou arcos elétricos ou eletrostáticos resultantes de uma pancada ou choque acidentais, suscetíveis de inflamar uma ocasional mistura explosiva.

A entidade patronal deve ainda, proporcionar aos trabalhadores que prestam serviço em áreas onde se possam formar atmosferas explosivas, uma formação adequada à proteção contra incêndio e explosões.

6.2 Legislação nacional

Para cada uma das Diretivas acima referidas foram criados os correspondentes Decretos-Lei nacionais, que fazem a transposição das mesmas para a ordem jurídica nacional, fazendo a definição da ou das entidades responsáveis pelo seu cumprimento, e estabelecendo o controlo da sua aplicação-prática, criando também o respetivo quadro sancionatório.

Surgiram deste modo em Portugal, vários Decretos-Lei nacionais relativos às atmosferas explosivas, regulam todos os funcionamentos relacionados, incluindo naturalmente as instalações onde se trabalha e onde possam existir pessoas nas proximidades dos equipamentos carregados, ou a ser carregados com as substâncias inflamáveis.

6.2.1 Decreto-Lei n.º 236/2003

Este diploma procedeu à transposição da Diretiva 1999/92/CE para a ordem jurídica interna, definindo as regras de proteção dos trabalhadores contra a exposição aos riscos derivados de atmosferas explosivas.

As áreas consideradas e classificadas como perigosas encontram-se definidas e qualificadas como Zona 0, Zona 1, Zona 2, no caso de qualquer delas poder ser sujeita a uma atmosfera explosiva sob a forma de gás, vapor ou névoa. Os números 0, 1 e 2 traduzem, respetivamente:

- **Zona 0:** área onde exista permanentemente, durante longos períodos de tempo ou com frequência, uma atmosfera explosiva;
- **Zona 1:** área onde é provável, em condições normais de funcionamento, a formação ocasional de uma atmosfera explosiva;
- **Zona 2:** área onde não é provável, em condições normais de funcionamento, a formação de uma atmosfera explosiva, ou caso se verifique, sempre de curta duração.

E ainda, como Zona 20, Zona 21 e Zona 22, caso a atmosfera explosiva se forme como nuvem de poeira combustível. Os números 20, 21 e 22, traduzem, respetivamente:

- **Zona 20:** área onde exista permanentemente, durante longos períodos de tempo ou com frequência, uma atmosfera explosiva;
- **Zona 21:** área onde é provável, em condições normais de funcionamento, a formação ocasional de uma atmosfera explosiva;
- **Zona 22:** área onde não é provável, em condições normais de funcionamento, a formação de uma atmosfera explosiva, ou caso se verifique, sempre de curta duração.

Nas atividades ligadas à refrigeração, ar condicionado e bombas de calor não há, por princípio, risco de formação de atmosferas explosivas com base em poeiras, mas sim originadas pela fuga inesperada de fluidos frigoríficos inflamáveis ligados ao funcionamento dos seus sistemas.

Neste mesmo Decreto-Lei, abordam-se, outros vários pontos de cumprimento obrigatório, que interligam a classificação das áreas perigosas com os modos e meios de se evitar que, em caso de libertação de um fluido frigorífico inflamável, ocorram consequências graves para pessoas e bens nesses locais (e para o ambiente), sejam eles de que tipo forem.

Com particular interesse e importância, salienta-se:

- No art.º 6.º, definem-se as medidas de prevenção e proteção contra explosões, necessárias a serem tomadas pelo empregador;
- No art.º 8.º, nas áreas onde se possam formar atmosferas explosivas o empregador deve:
 - a) Proceder à sua classificação de acordo com o disposto no art.º 4º;
 - b) Assegurar a aplicação das prescrições mínimas estabelecidas nos artigos 10º a 12º;
 - c) Sinalizar os respetivos locais de acesso, de acordo com o letreiro EX de aviso de risco de atmosfera explosiva, se houver nessas atmosferas concentrações suscetíveis de constituir um risco para a segurança e saúde dos trabalhadores.
- No art.º 11.º, aborda-se as medidas de proteção contra explosões, para o caso de ocorrência duma fuga de fluido, os meios que deverão existir para a anular, o corte imediato da energia e as saídas de emergência. Todo um manancial de regras a cumprir e meios de evitar consequências graves para pessoas e bens;
- No art.º 12.º, estabelecem-se os critérios de seleção de equipamentos e sistemas de proteção, para a instalação e utilização dos aparelhos e sistemas de proteção a usar nos locais consoante a zona em referência onde possam ocorrer atmosferas explosivas;
- No art.º 15.º, o empregador deve proporcionar aos trabalhadores que prestam serviço em áreas onde se possam formar atmosferas explosivas uma formação adequada à proteção contra explosões.

6.2.2 Decreto-Lei n.º 111-C/2017

Este diploma procedeu à transposição da Diretiva 2014/34/UE estabelecendo as regras de segurança a que devem obedecer os aparelhos e sistemas de proteção destinados a ser utilizados em atmosferas potencialmente explosivas.

O Decreto-Lei define as categorias de aparelhos, consoante o necessário nível de proteção que deve ser assegurado, e define ainda 2 grupos de aparelhos:

- **Grupo de aparelhos I:** aparelhos destinados a trabalhos subterrâneos em minas e às respetivas instalações de superfície suscetíveis de serem postas em perigo pelo gás e ou por poeiras combustíveis, inclui as categorias de aparelhos M1 e M2;
- **Grupo de aparelhos II:** aparelhos a utilizar noutros locais suscetíveis de serem postos em perigo por atmosferas explosivas, inclui as categorias de aparelhos 1, 2 e 3.

Em termos práticos o técnico de AVAC&R, pouco mais poderá intervir do que verificar se na sua zona de trabalho o conjunto de aparelhos e sistema de proteção instalados cumprem as regras de conformidade que lhe permitem possuir (e usar) a marcação CE; o que, em caso afirmativo, lhe dará garantia que a legislação de segurança relacionada está a ser cumprida.

6.3 Normas relevantes

6.3.1 Série de normas NP EN 378

Sistemas frigoríficos e bombas de calor - Requisitos de segurança e proteção ambiental.

Esta norma aborda ao longo de todas as suas 4 partes a necessidade e o cuidado a operar equipamentos e instalações com fluidos frigoríficos inflamáveis. Assim sendo e tendo em vista esse objetivo, fazemos algumas interpretações da Norma.

Esta norma refere, na sua Parte 2 (Projeto, construção, marcação e documentação) que, para proteção contra riscos de incêndio e de explosão, componentes e aparelhos deverão cumprir, pelo menos uma das condições:

- Posicionamento fora da zona potencialmente inflamável, na qual uma possível fuga se possa propagar ou estagnar;
- Ventilação com caudal de ar suficientemente elevado, de forma permanente ou antes da colocação em tensão dos componentes e aparelhos;
- Conformidade com requisitos relativos aos equipamentos protegidos adaptados aos locais definidos como zona 2, zona 1 ou zona 0, conforme definido na IEC 60079-10-1;
- Para equipamentos elétricos, a energia máxima possível de uma chispa ou faísca no seu circuito, não originar ignição com a mais inflamável concentração do fluido frigorífico utilizado.

Com efeito, a Parte 3 (Instalação no local e proteção das pessoas), concentra as suas atenções, nomeadamente, nas salas de máquinas, onde teremos maior probabilidade de acidentes. Assim sendo, temos a concentração das atenções nos seguintes pontos:

- *Ventilação da e na casa das máquinas. Ao abrigo da EN 378-3, temos que o fluido não se deve poder propagar a salas contíguas, escadas, pátios, corredores e galerias ou condutas de serviço ou ao sistema de esgotos do edifício e as fugas de gás devem ser evacuadas para o exterior. Os caudais de ar de locais ocupados não devem atravessar salas de máquinas, a não ser que esse ar circule em condutas seladas impossibilitando a entrada de qualquer fuga de fluido frigorífico no ar em circulação.*
- *Interruptor remoto de comando à distância: deve ser instalado nas proximidades da porta da sala de máquinas, do lado exterior, um interruptor remoto para paragem do sistema frigorífico. Um interruptor similar deve ser instalado em local apropriado no interior da sala. Estes interruptores devem satisfazer os requisitos relativos aos interruptores de emergência, com conformidade com as EN ISO 13850 e EN 60204-1.*
- *Iluminação normal: devem ser selecionados e instalados aparelhos fixos de iluminação nos locais onde existam equipamentos frigoríficos a fim de se garantir iluminação adequada para funcionamento seguro. O nível de iluminação e a sua distribuição devem estar em conformidade com a regulamentação nacional.*
- *Iluminação de emergência: deve ser previsto um sistema fixo ou portátil de iluminação de emergência, adequado à necessidade de realização das operações de comando e de evacuação do pessoal, em caso de falha da iluminação normal. O nível de iluminação e a sua distribuição devem estar em conformidade com a regulamentação nacional.*

Para os grupos de fluidos frigoríficos especificamente deste guia, fluidos inflamáveis, temos que as salas de máquinas contendo fluidos frigoríficos dos grupos A2L, A2, A3 devem ser avaliadas quanto à sua inflamabilidade e classificadas de acordo com os requisitos da IEC 60079-10-1 relativa a zonas perigosas.

Relativamente à ventilação de emergência, o ventilador de extração de emergência deve, em opção:

- a) ter o seu motor instalado externamente em relação ao caudal de ar; ou,
- b) estar classificado para zonas perigosas conforme requerido na NP EN 378-2, Secção 6.2.14.

O ventilador deve ser instalado de modo a evitar pressurização das condutas de aspiração na sala de máquinas. Caso faça contacto com o material das condutas, o ventilador não deve originar faíscas.

Para as portas que comunicam com outras áreas no interior do edifício e onde o detetor de gás não consiga detetar a presença de fluidos frigorigéneos com as portas abertas, a ventilação de emergência deve arrancar sempre que uma porta permaneça aberta durante mais de 60 s.

6.3.2 Norma EN 1127-1

Atmosferas explosivas - Prevenção da explosão e proteção contra a explosão - Parte 1: Conceitos básicos e metodologia.

Esta é uma norma que, tal como o título indica, fornece orientações no domínio da prevenção e da proteção contra explosões. Fornece também as noções fundamentais e o método para a prevenção de explosões, definindo quais as atuações a implementar em diversas tipologias de locais, a fim de se evitar ao máximo a possibilidade de ocorrência de incêndio/explosão num determinado local de trabalho e/ou zona ocupada por pessoas.

O Anexos A e B, são de grande interesse prático, pois apresentam “*Informações para a utilização de ferramentas em atmosferas potencialmente explosivas*”, informações sobre a *estabilidade dos equipamentos*, respetivamente. São pontos importantíssimos como chamada de atenção para as origens dos possíveis perigos provenientes da utilização e do trabalho dos equipamentos carregados com fluidos frigorigéneos inflamáveis.

A norma salienta a exposição de todas as possíveis fontes de ignição com que o técnico se pode vir a deparar, os princípios da sua atuação para evitar ou reduzir as atmosferas explosivas, mas também as medidas de emergência em caso de libertação acidental de fluido inflamável em zona fabril ocupada.

6.3.3 Normas IEC 60079

As normas da série IEC 60079 – Atmosferas explosivas, especificam a forma de proteção a ser aplicada aos componentes elétricos (e não elétricos), com o objetivo de evitar a ignição de uma mistura de gases inflamáveis que possa estar em redor desses componentes. Os requisitos básicos aplicáveis a todos os casos são detalhados na Parte 0: Equipamentos – Requisitos Gerais, e os requisitos específicos para o tipo de proteção escolhido são detalhados nas restantes partes deste conjunto de normas.

7 Sinalização e identificação de perigos

As informações fornecidas nesta secção servem para assegurar que os sistemas e os componentes de refrigeração sejam adequadamente marcados e rotulados. Isso garante que os funcionários, o pessoal de manutenção, a equipa de serviços de emergência e outras pessoas estejam cientes da perigosidade do fluido frigorigéneo contido no sistema ou na unidade.

7.1 Nota prévia

Antes de manusear ou utilizar um fluido frigorigéneo inflamável, o técnico deve ler e entender a Ficha de Informação e Segurança desse fluido fornecida pelo fabricante, pelo importador ou pelo distribuidor desse fluido. O técnico também deve seguir todas as informações de segurança pertinentes fornecidas

pelo fabricante do equipamento. O não cumprimento das instruções de segurança do fluido e do equipamento pode resultar em ferimentos ou morte.



Os fluidos frigoríficos inflamáveis são destinados ao uso em equipamentos projetados especificamente para esses produtos e devem ser sempre usados de acordo com as normas nacionais ou internacionais relevantes. O técnico deve consultar sempre o fabricante do equipamento para saber que fluidos frigoríficos podem ser usados no equipamento.

7.2 Pictogramas de perigo

Os pictogramas de perigo⁹⁾ preconizados no Sistema Mundial Harmonizado de Classificação e Rotulagem de Produtos Químicos (*Globally Harmonized System* ou simplesmente «GHS») são um dos principais elementos para a identificação dos perigos inerentes aos fluidos frigoríficos inflamáveis, juntamente com:

- Uma identificação do produto;
- Uma palavra de sinalização – Perigo ou Aviso – quando necessário;
- Declarações de perigo, indicando a natureza e o grau dos riscos apresentados pelo produto;
- Declarações de precaução, indicando como o produto deve ser manuseado para minimizar os riscos para o utilizador (assim como para outras pessoas e o ambiente em geral);
- A identidade do fornecedor (que pode ser o fabricante ou o importador).

Quadro 6 – Pictogramas de perigo preconizados no «GHS» – Sistema Mundial Harmonizado de Classificação e Rotulagem de Produtos Químicos

Identificação	Pictograma (nome do símbolo)	Palavras de advertência	Frases de perigo
Gases sob pressão	 Cilindro de gás	Perigo	Contém gás sob pressão: pode explodir sob efeito do calor
Inflamável	 Chama	Perigo	Gás altamente inflamável. Forma misturas explosivas com o ar

7.3 Marcação e rotulagem de sistemas e unidades

O instalador, o técnico responsável pelo sistema e o dono da obra devem estar cientes de que os sistemas estão carregados com um fluido frigorífico inflamável.

⁹⁾ «Pictograma de perigo» é uma composição gráfica que inclui um símbolo e outros elementos gráficos (tais como um bordo, um motivo de fundo ou uma cor) destinados a transmitir informações específicas sobre o perigo em causa.

Informação sobre o tamanho mínimo da sala em que o equipamento pode ser localizado deve ser fornecida bem como a extensão da zona potencialmente inflamável existente em redor do equipamento.

O sistema deve ser rotulado com o Pictograma «GHS02» para Gases inflamáveis, informações sobre procedimentos de trabalho seguros e tamanhos mínimos de ambiente, se apropriado.

Um rótulo de exemplo é dado na [Figura 3](#).

Fluido frigoriférico R-290 (Propano)

Atenção: Esta unidade não deve estar localizada em uma sala ou área com volume inferior a XXX m³.

Nota: Somente técnicos treinados no manuseamento e uso seguro de fluidos frigoriféricos Hidrocarbonetos (HC) devem trabalhar neste sistema.

- ✓ Ao trabalhar neste sistema, assegure-se que a área se encontra bem ventilada.
- ✓ Se necessário use ventilação auxiliar, tais como sopradores ou ventiladores, adequados para ambientes inflamáveis, para dispersar vapores do fluido frigoriférico.
- ✓ Antes e durante a realização dos trabalhos use um detetor de fugas portátil para apurar se existe hidrocarboneto no ar em redor do sistema (coloque o detetor de fugas num nível baixo: os hidrocarbonetos são mais pesados que o ar).
- ✓ Garanta que não há fontes de ignição (chamas ou componentes elétricos com faísca) a menos de 3 m da sua área de trabalho.
- ✓ Antes de soldar, garanta que todo o hidrocarboneto foi removido do sistema.

Use apenas "R290 Refrigerant Grade Propane".




Figura 3 – Exemplo de etiqueta para um sistema ou unidade contendo fluido frigoriférico inflamável

A unidade ou sistema também deve ter uma placa de identificação fixada permanentemente de acordo com o padrão de segurança elétrica relevante.

O técnico que carrega o sistema deve garantir que a placa de identificação tenha a identificação do fluido frigoriférico, quer através do número de identificação ANSI/ASHRAE 34 atribuído a cada fluido frigoriférico (p. ex. R1234yf, R290), quer através do nome do produto químico ou da fórmula química.

7.4 Marcação e rotulagem de tubagens

Independentemente do tipo de fluido frigoriférico, a marcação e rotulagem de tubagens deve seguir as instruções prescritas no DNP Guia 5:2016 – Identificação de tubagens de fluidos em instalações frigoríficas.

O DNP Guia 5:2016 foi criado de modo a facultar aos profissionais do setor as indicações úteis que permitam num relance fazer o reconhecimento do(s) fluido(s) usado(s) nas instalações, e ao mesmo tempo identificar o seu estado de líquido ou vapor, quente ou frio, bem como o sentido dos escoamentos. Apresenta o sistema de cores a utilizar em instalações frigoríficas e/ou de condicionamento de ar, descrevendo-o e enunciando as suas especificidades e âmbito de aplicação. Dentro das várias aplicações, apresentam-se também os tipos de inscrições e suas dimensões em condições gerais de utilização. É, também, prestada toda a informação para a correta aplicação de cores nas tubagens das instalações

frigoríficas e/ou de climatização para a imediata identificação em qualquer ponto do sistema do fluido em circulação.

Em caso de existência de fluidos frigorigéneos inflamáveis nas tubagens da instalação, para além da Identificação por Anéis / Identificação por Etiquetagem prescritas no DNP Guia 5:2016, terá de haver a aposição de informação visual que sinalize adequadamente aquele perigo.

O instalador e/ou técnico responsável pelo sistema deve garantir que todas as tubagens da instalação que contenham fluido frigorigéneo inflamável estejam marcadas com o “Pictograma de Perigo” «GHS02» indicativo de perigo físico “Inflamável” preconizado no Sistema Mundial Harmonizado de Classificação e Rotulagem de Produtos Químicos («GHS»).



Figura 4 – Pictograma «GHS02» para Gases inflamáveis (categoria de perigo 1) e/ou Líquidos inflamáveis (categorias de perigo 1, 2, 3)

Na Figura 5 **Figura** mostra-se um exemplo da colocação do Pictograma «GHS02» numa tubagem de fluido de uma instalação frigorífica.



Figura 5 – Exemplo da “Identificado por Etiquetagem” em tubagem pintada com “cor de base/decorativa” prescrita no DNP Guia 5:2016 e em que o fluido frigorigéneo é inflamável

O Pictograma «GHS02» deve ser colocado imediatamente a jusante da identificação do fluido (por anéis ou por etiquetagem) da tubagem da instalação frigorífica, repetindo-se:

- Junto a válvulas ou flanges;
- Adjacente a mudanças de direção (curvas, ramificações, “Tês”);
- De ambos os lados quando uma tubagem atravessa paredes, tetos ou pavimentos;
- A intervalos regulares, não excedendo os 6 metros, onde a tubagem for visível;
- De 2 em 2 metros caso a tubagem se encontre em tetos falsos ou em espaços vazios que uma pessoa possa aceder para manutenção ou reparação.

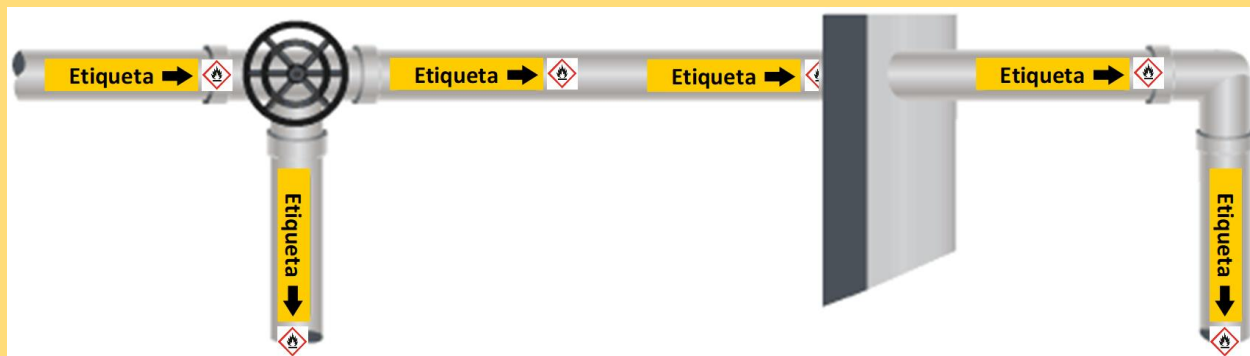


Figura 6 – Localização dos Pictogramas «GHS02»

Sem prejuízo do que foi dito anteriormente, pode-se complementar a informação com a colocação da classificação de segurança do fluido frigorífero no interior da própria Identificação por Etiquetagem/Identificação por Anéis, tal como se exemplifica na [Figura 7](#) **Figura** .

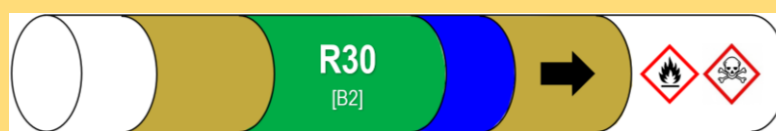


Figura 7 – Exemplo de “Identificação por Anéis” prescrita no DNP Guia 5:2016, com indicação complementar da classificação de segurança do fluido frigorífero e dos pictogramas de perigo

Embora caia fora do âmbito do presente Guia, devido à toxicidade do fluido frigorífero do exemplo anterior, terá de haver igualmente a colocação do Pictograma «GHS06» indicativo de perigo para saúde “Mortal/Tóxico”.



Figura 8 – Pictograma «GHS06» para Toxicidade aguda (via oral, cutânea, inalatória), categorias de perigo 1, 2, 3

Como nota final, há que ressaltar que o DNP Guia 5:2016 não é aplicável a tubagens ou canalizações flexíveis.

7.5 Marcação e rotulagem de recipientes sob pressão (garrafas de gás)

Tendo em conta que este material é classificado como perigoso segundo o Sistema Globalmente Harmonizado de Classificação e Rotulagem de Produtos Químicos (GHS), a marcação das garrafas de gás é feita através da aposição de uma etiqueta que contenha o pictograma de perigo “Gás sob Pressão” (ver [Figura 9](#)) juntamente com o pictograma de perigo “Gás Inflamável” (ver [Figura 4](#)), juntamente com outras informações consideradas importantes para o utilizador, tal como se exemplifica na [Figura 10](#).



Figura 9 – Pictograma «GHS04» para Gás sob Pressão



Figura 10 – Exemplo de rótulo de identificação de cilindro de fluido contendo fluido refrigerante inflamável

Para além do nome do produto (nome comercial) e do nome da empresa importadora/distribuidora, o rótulo pode ser complementado com frases de precaução do tipo:

1. Mantenha afastado do fogo;
2. Mantenha afastado do calor;
3. Armazene afastado de materiais incompatíveis;
4. Evite contato direto;
5. Em caso de contato com a pele lave com água em abundância;
6. Em caso de contato com os olhos lave-os suavemente com água corrente;
7. Não descartar no meio ambiente.

7.6 Sinalização de Atmosferas Explosivas – ATEX

Por “Atmosferas Explosivas” entendem-se as atmosferas constituídas por misturas de ar com substâncias inflamáveis (gases, vapores, névoas ou poeiras), nas quais, após a ignição, a combustão se propaga a toda a mistura não queimada.

As áreas ATEX são áreas em que é provável a formação ocasional de atmosferas explosivas. Estas áreas devem ser assinaladas com um sinal de aviso próprio, conforme apresentado na [Figura 11](#) Figura .

As características do sinal ATEX – Atmosfera Explosiva são:

- Forma triangular;
- Letras pretas sobre um fundo amarelo bordado a preto;
- O amarelo deve cobrir pelo menos metade da superfície da placa.



Figura 11 – Sinalização indicativa de uma zona ATEX – Atmosfera Explosiva

Este sinal pode ser ainda complementado com placas identificadoras, tal como se exemplifica na [Figura 12](#).



Figura 12 – Exemplos de placas complementares do sinal de aviso ATEX – Atmosfera Explosiva

Para além dos símbolos anteriores, as salas de máquinas devem ter avisos de que pessoas não autorizadas não devem entrar, e que luzes nuas ou chamas são proibidas.

8 Segurança eletrotécnica

8.1 Riscos e perigos

A utilização de eletricidade exige vários cuidados, uma vez que, quando são negligenciados os devidos procedimentos de segurança, esta fonte de energia pode provocar não só danos patrimoniais, como também, ser fatal ou causar lesões irreversíveis.

A origem da maioria dos acidentes elétricos está relacionada com a falta de informação, ou imprudência, de quem trabalha e utiliza recursos elétricos.

Causas de acidentes elétricos:

- Desconhecimento ou falta de formação para lidar com os riscos elétricos;
- Aparelhos e instalações em condições deficientes;
- Desvalorização dos riscos.

8.2 Avaliação de risco, controlo e deteção de sistemas

A identificação de perigos e a avaliação de riscos num local permitem controlar riscos associados a qualquer produto, processo ou atividade com capacidade de causar ferimentos ou danos a pessoas e materiais nesse local.

Este processo pode ser simples ou complexo, dependendo do número de perigos e a associação desses perigos presente no local. Em alguns casos, deve ser utilizada uma identificação de perigo e diagrama de fluxo de avaliação de risco. Alternativamente, os perigos mais complexos podem exigir um especialista em Higiene e Segurança no Trabalho com conhecimento específico para prestar assistência e consultoria. A avaliação de risco determina se existe um risco direto de ferimentos ou danos materiais causados pelos perigos identificados.

O objetivo da avaliação de riscos é:

- Determinar os riscos que precisam ser controlados;
- Auxiliar na tomada de decisões sobre a ordem em que riscos devem ser controlados.

A gestão de riscos é o processo de determinar e implementar medidas apropriadas para controlar os riscos associados a perigos e riscos identificados para um determinado local. Os operadores de instalações frigoríficas têm o dever de garantir que quaisquer riscos associados à sua instalação ou atividades adjacentes, devem ser controlados. O dever primário é eliminar esses riscos. Se isso não for possível, o risco deve ser reduzido na medida do possível.

O processo de gestão de riscos envolve as seguintes etapas:

- Determinação do contexto: isto ajuda a definir o âmbito e identificar os principais intervenientes;
- Identificação dos perigos: descobrir o que pode causar danos;
- Avaliação dos perigos: entender a natureza dos danos que possam ser causados pelo perigo, identificação dos fatores de risco;
- Avaliação dos riscos: qual a gravidade dos danos e a probabilidade de que isso aconteça, e, se o risco pode ser controlado (evitado, reduzido ou transferido);
- Controlar riscos: implementar o controlo mais eficaz através de medidas praticáveis às circunstâncias e monitorar o desempenho;
- Rever as medidas de controlo para garantir que elas estejam a funcionar como planeado.

O registo consistente e auditável dos motivos das decisões de risco deve ajudar, a longo prazo, ao desenvolvimento de decisões mais eficazes sobre os riscos.

Alguns riscos que devem ser considerados:

- Riscos químicos: informações da ficha de dados de segurança, características de inflamabilidade, toxicidade, asfixia, para fluidos frigoríficos e óleos;
- Riscos de instalação: falhas de componentes, sobre pressurização e descargas, corrosão, confinamento e danos ou impactos colaterais, riscos térmicos (queimaduras ou ulcerações);
- Riscos de tarefas: monitorização de tarefas como inspeções visual e leituras de pressão, tarefas de manutenção como "invadir" um sistema;
- Riscos do ambiente de trabalho: trabalho interior versus exterior, áreas fechadas e espaços confinados, ventilação, transferência de gás.

Alguns tipos de controlo que podem ser aplicados a riscos individuais:

- Eliminação ou substituição do perigo para uma alternativa não perigosa;
- Limitar o perigo para conter o risco;
- Fontes de ignição: remover possíveis fontes de ignição;
- Ventilação: reduzir contaminantes por diluição ou exaustão;
- Detecção: instalação de sistema fixo de deteção de fuga de fluido frigorígeno, ou utilização de equipamento portátil de deteção;
- Informação e administração: educação e consciencialização, procedimentos de emergência e alarmes;
- Redução da carga limite: reduzindo a quantidade de fluido frigorígeno necessária;
- Retenção da carga: utilização de válvulas, recetores e controlos automáticos, para minimizar possíveis fugas em quantidades difíceis de controlar;
- Equipamento de proteção individual.

8.3 Norma NP EN 378 - Interpretação

8.3.1 Instalação elétrica

A instalação elétrica geral do sistema frigorífico e outros equipamentos, incluindo a iluminação, o circuito de potência, etc., deve estar em conformidade com a regulamentação nacional e as disposições da série de normas IEC 60364 conforme apropriado.

8.3.2 Alimentação principal

A instalação elétrica de alimentação de um sistema frigorífico deve ser realizada de forma a poder ser interrompida independente da alimentação elétrica dos outros equipamentos elétricos em geral e, em particular, dos sistemas de iluminação, das unidades de ventilação, de alarmes e de outros equipamentos de segurança. A ligação de energia ao circuito principal das máquinas frigoríficas deve fazer-se de acordo com as Secções 4 e 5 da EN 60204-1:2006.

Para os fluidos frigorígenos do grupo 2L, o equipamento elétrico deve ser considerado conforme os requisitos, desde que a alimentação elétrica seja isolada sempre que a concentração de fluido frigorígeno atinge 20 % ou menos que o limite inferior de inflamabilidade. Um equipamento que se mantenha ativo no caso da concentração de fluido frigorígeno ultrapassar o nível de alarme máximo, p. ex. os alarmes, detetores de gás, ventiladores e iluminação de emergência devem ser adequados para trabalho em zonas perigosas.

As situações acima indicadas, aplicam-se à totalidade dos equipamentos e à alimentação elétrica da sala, não exclusivamente ao sistema frigorífico.

8.3.3 Alarmes de segurança

O alarme deve disparar com o sinal do detetor de fluido, conforme os limites práticos indicados no Anexo C da NP EN 378-1:2018. O alarme deve igualmente alertar uma pessoa autorizada para a tomada das medidas necessárias. Este alarme será alimentado eletricamente independente de qualquer sistema que o alarme proteja. É aconselhado que este sistema de alarme possa ser alimentado por um circuito elétrico alimentado a baterias (UPS). O sistema de alarme deve originar um sinal audível e visível, como

p. ex. uma sirene forte [15 dB(A) acima do nível sonoro ambiente] e uma luz intermitente. Quando instalado numa sala de máquinas, o sinal de aviso deve ser audível no interior e no exterior da sala. O aviso exterior à sala de máquinas poderá localizar-se num local supervisionado, como um posto de vigilância noturna, bem como no espaço ocupado.

8.3.4 Reparação de componentes elétricos

A reparação de componentes elétricos deve incluir ensaios em funcionamento capazes de detetar efeitos de envelhecimento, da utilização ou de esforços mecânicos, como p. ex. nos compressores e ventiladores.

8.3.5 Reparação de componentes selados

A energia elétrica de alimentação da potência deve ser previamente desligada antes da abertura de qualquer componente selado. Caso não seja necessário desligar a energia elétrica dos componentes relevantes para os trabalhos de reparação, a concentração de fluido frigorigéneo nessa área deve ser continuamente monitorizada, a fim de tornar possível o aviso em tempo útil dos ocupantes para uma situação potencialmente perigosa.

O equipamento de deteção de fugas é ajustado para 20 % do valor de LFL (limite inferior de inflamabilidade) no interior do equipamento e deve ser calibrado para o fluido em questão.

As proteções das ligações de condutores devem ser verificadas de acordo com a legislação nacional e regulamentos aplicáveis de cada vez que se realiza uma reparação. Os condutores e a cablagem devem também ser verificados para garantia de que não sofreram danos.

Caso seja detetado um defeito que ponha em risco a fiabilidade de funcionamento dos sistemas frigoríficos, não deverá ser efetuado novo arranque da instalação.

8.3.6 Reparação de componentes elétricos com segurança intrínseca

Não devem ser aplicadas aos circuitos elétricos cargas indutivas ou capacitivas permanentes sem se assegurar que não serão excedidos os valores da tensão ou das correntes máximas admissíveis para o fluido frigorigéneo em uso.

Componentes elétricos com segurança intrínseca são os do único tipo em que é permitido manterem-se em funcionamento, com presença de pessoas, em caso de atmosfera inflamável. Os aparelhos de ensaio deverão também possuir uma classificação de tipo e gama apropriados.

8.4 Sistema de deteção de fugas

O sistema de deteção de fugas envolve um equipamento que mostre a natureza da atmosfera que os trabalhadores e pessoal em geral podem estar expostos e a seleção de outros controlos de risco como medidas de proteção respiratória. No contexto deste guia, existem duas situações comuns em que a deteção é considerada, que são:

- Sob condições normais de trabalho;
- Numa resposta de emergência.

Durante condições normais de trabalho, a deteção destina-se a fornecer informações sobre a presença e concentração de riscos aéreos para garantir segurança do meio ambiente. Em particular, fornece aviso no caso de fuga do sistema de refrigeração ou ar condicionado ou alguma outra alteração na natureza da atmosfera.

Durante condições de emergência, a deteção ocorre para identificar a natureza do contaminante transportado pelo ar e a extensão do perigo, de modo que a segurança de qualquer equipa de reparação

ou equipas de emergência (polícia, bombeiros e oficiais da ambulância), bem como da comunidade em geral, não estejam em causa.

Estes sistemas desempenham um papel crucial durante a resposta de emergência. Uma vez que, é necessário detetar os níveis de gás ao longo de todo o tempo, ou seja, constante monitorização para verificação do estado da área tida como perigosa, pois ao acionar-se o sistema de deteção de fugas, existem ações específicas que devem ser realizadas.

Os critérios para os níveis de ação dos detetores de gás incluem:

- 18 % de conteúdo de oxigénio (para respiração humana);
- Limite inferior de inflamabilidade do fluido em questão;
- Padrões nacionais de exposição (para comunidades e exposições ocupacionais).

Para todas as aplicações, qualquer nível de deteção de fugas deve ser tomado como um indicador de condições perigosas prováveis ou situações que podem rapidamente se transformar em perigosas.

É obrigação do Operador garantir que a deteção de fugas do equipamento é realizada com a periodicidade devida e, caso exista um sistema de deteção de fugas fixo, que o mesmo funciona corretamente, dada a sua vital importância para alertar os trabalhadores e a comunidade em caso de fuga.

Para mais informações acerca deste tópico, consultar DNP Guia 4:2016 “Deteção de fugas em instalações frigoríficas”

Assuntos a serem abordados incluem:

- Seleção e avaliação;
- Política e procedimentos;
- Calibração;
- Manutenção e serviço;
- Utilização: critérios e níveis de ação;
- Revisão e auditorias.

Existem duas categorias de sistemas de deteção de fugas: sistemas fixos e sistemas portáteis. Independentemente da categoria do sistema, existem fatores básicos de seleção que devem ser considerados:

- Segurança intrínseca e certificação para uso em áreas classificadas como perigosas;
- Robustez, design e construção;
- Gama de funcionamento e sensibilidade;
- Calibração e manutenção;
- Alarmes, requisitos de energia e registo de dados;

Sempre que a concentração de fluido frigorigéneo possa exceder o limite prático conforme o Anexo C da NP EN 378-1, os detetores devem, no mínimo, fazer disparar um alarme e, no caso de salas de máquinas arrancar com o sistema ventilação mecânica de emergência.

8.5 Sistemas de detecção fixos

Os sistemas de detecção fixos destinam-se a monitorar a atmosfera e avisar sobre uma possível fuga ou alteração à composição da atmosfera. Tais sistemas podem incluir detetores de oxigênio, detetores de gás inflamável e sensores de gases tóxicos. Todos os sistemas requerem manutenção regular e formação do operador para que o sistema seja mantido convenientemente para garantir a operacionalidade contínua. Recomenda-se que um sistema fixo de detecção de fugas seja instalado para qualquer sistema com uma carga máxima de 5 kg ou mais, e o plano de emergência é revisto de acordo. Isso inclui qualquer sistema instalado em áreas como espaços abertos, onde o limite prático pode ser excedido nas proximidades ou onde exista risco de acumulação em locais de cota baixa. Deve ser realizada uma avaliação de risco para sistemas com uma carga máxima inferior a 5 kg para determinar se é necessário um sistema fixo de detecção de fugas.

Sistemas de detecção fixos devem ser instalados em local adequado, locais esses que levam em consideração os tipos de atividades e pontos vulneráveis do sistema onde é provável a ocorrência de fugas (e afete trabalhadores ou público), como nas áreas de instalação ou carregamento e nas áreas públicas espaços. Os locais ideais do detetor também são influenciados pelas propriedades físicas e químicas do ar contaminante (o fluido frigorífero) e a aplicação, por exemplo:

- A densidade relativa - o fluido frigorífero é mais pesado que o ar?
- Algum efeito da ventilação no movimento dos gases?
- As características de segurança - o fluido frigorífero é tóxico e/ou inflamável ou asfíxiante?
- A temperatura provável de operação e libertação de qualquer fuga de fluido frigorífero?

A localização dos detetores deve ser escolhida em função do fluido frigorífero e devem ficar situados onde o fluido, em caso de fuga, seja previsível acumular-se.

O detetor deve ser posicionado tendo em conta a movimentação local/habitual do ar interior bem como a colocação de ventiladores e de grelhas de arejamento. Devem igualmente ser tidas em conta a possibilidade de avarias mecânicas ou de contaminações.

Por último, deve ser instalado, por cada sala de máquinas ou cada local considerado ocupado, pelo menos um detetor, e/ou na sala subterrânea mais inferior para fluidos frigoríferos mais densos que o ar, e no ponto mais alto para fluidos menos densos que o ar.

Os procedimentos relacionados à resposta a um alarme de um sistema de detecção fixo, incluindo a desativação dos sistemas, procedimento de evacuação dos ocupantes, devem ser explicitamente detalhados no plano de emergência do local.

NOTA: Alguns tipos de detecção de fugas são de valor limitado em local fresco câmaras e congeladores devido à natureza condensadora do ambiente térmico. Além disso, equipamento de detecção pode basear-se em processos eletroquímicos que requerem requisitos contínuos de manutenção e verificação, para garantir o correto funcionamento.

O detetor (utilizador/proprietário) ou o seu representante autorizado deve regularmente fazer a verificação dos alarmes, da ventilação mecânica e dos detetores de fugas, pelo menos uma vez por ano, a fim de assegurar o seu correto funcionamento. O resultado destas verificações deve ser registado no Livro de Registo de Intervenções. As aberturas de comunicação e arejamento, por exemplo entre duas salas, em locais ocupados devem ser regularmente verificadas para confirmar a ausência de qualquer obstrução à livre circulação do ar. O Livro de Registo de Intervenções deve ser atualizado. O resultado destas verificações deve ser registado no Livro de Registo de Intervenções.

A tolerância para a sensibilidade do detetor deve assegurar que o sinal de saída é disparado ao valor pré-definido ou abaixo. A tolerância da sensibilidade do detetor deve ainda considerar uma tolerância para a tensão elétrica de alimentação de $\pm 10\%$.

Devem ser estabelecidos períodos adequados para a realização de manutenção, conforme cada tipo de detetor em serviço.

Um detetor para fluidos frigorigéneos dos grupos A2L, A2, B2L (exceto R-717), B2, A3 e B3 deve ativar o sinal de alarme a um nível que não exceda 25 % do valor LFL do fluido em causa. O detetor deve manter a ativação para concentrações mais elevadas. O detetor deve ser ajustado para um valor inferior para a toxicidade, se for caso aplicável. Deve automaticamente ativar um alarme, arrancar com a ventilação mecânica e parar o sistema assim que dispara.

O detentor (utilizador/proprietário) ou o seu representante autorizado deve regularmente fazer a verificação dos alarmes, da ventilação mecânica e dos detetores de fugas, pelo menos uma vez por ano, a fim de assegurar o seu correto funcionamento. O resultado destas verificações deve ser registado no Livro de Registo de Intervenções. As aberturas de comunicação e arejamento (ver ponto 6), por exemplo entre duas salas, em locais ocupados devem ser regularmente verificadas para confirmar a ausência de qualquer obstrução à livre circulação do ar. O Livro de Registo de Intervenções deve ser atualizado. O resultado destas verificações deve ser registado no Livro de Registo de Intervenções.

8.6 Detetores portáteis

Sistemas portáteis de deteção de fugas são equipamentos a ser utilizados pelos trabalhadores durante as atividades diárias, como reparações, entrada em áreas técnicas e salas de máquinas e também em cenários de emergência. Estes são considerados como um EPI e têm caráter obrigatório para realizar uma tarefa.

Estes equipamentos portáteis requerem manutenção regular e os utilizadores a devida formação. Na utilização de usar detetores de gás portáteis durante uma emergência atividades, devemos considerar o seguinte:

- Existem instrumentos suficientes disponíveis na instalação?
- Os funcionários possuem formação e têm recursos para a correta utilização dos detetores?
- O instrumento detetará o contaminante transportado pelo ar em toda a faixa de medição?
- Os procedimentos de teste atendem adequadamente às condições e riscos específicos do local associados a uma libertação (p. ex. camadas de gás, problemas topográficos, confinamento, etc.)?

8.7 Regras técnicas de instalações elétricas de baixa tensão

As Regras Técnicas das Instalações Elétricas de Baixa Tensão (RTIEBT), estabelecidas pela Portaria nº 949-A/2006, definem as normas pelas quais o estabelecimento e a exploração das instalações elétricas, assim como a utilização de energia, devem ser regidas.

Estas regras visam garantir a segurança de todos os utilizadores, mas também assegurar que há condições para que as atividades económicas se desenvolvam, reduzindo ao máximo os danos materiais.

8.8 Sistemas de proteção e controlo

8.8.1 Trabalhos de preparação e manutenção das instalações

As instalações devem ser sempre mantidas em bom estado de conservação e em conformidade com as RTIEBT. Para garantir a conformidade das instalações com estas regras, estas devem ser inspecionadas periodicamente.

Para evitar estes contactos com a eletricidade, as RTIEBT definem os procedimentos que têm de ser adotados quando se realiza a instalação e utilização dos sistemas elétricos.

Segundo as RTIEBT a conceção das instalações deve ter como objetivos garantir a segurança de pessoas, animais e bens, e a compatibilidade entre sistemas. Os materiais utilizados na instalação devem, por isso, estar preparados para conservarem eficazmente as características elétricas, mecânicas, físicas e químicas para que os aparelhos funcionem em condições de segurança.

Além disso, os invólucros das canalizações e aparelhos devem ser de material isolante, sendo que as RTIEBT definem que os materiais utilizados nas instalações devem ser coerentes entre si.

Outras características a considerar aquando da escolha dos materiais para as instalações elétricas são:

- A adequação à temperatura ambiente do espaço onde os materiais vão estar;
- Proteção contra contactos com peças sob tensão e contra a penetração de corpos estranhos e líquidos nas mesmas;
- Proteção contra ações mecânicas e contra a corrosão;
- Proteção contra o risco de incêndio e risco de explosão.

O local onde as instalações são estabelecidas é uma preocupação que também está regulamentada. As instalações devem ser, sempre que possível, colocadas nos locais que apresentem condições mais favoráveis a estas. O objetivo é situar as instalações em locais onde estão resguardadas das ações mecânicas e dos agentes físicos e químicos, como o calor, o frio, a humidade ou outros agentes corrosivos.

8.8.2 Verificação das instalações elétricas

Para comprovar que as instalações estão em conformidade com as RTIEBT, as instalações têm de ser sempre verificadas quando entram em serviço pela primeira vez ou quando sofrem alterações significantes. As verificações são feitas através de uma inspeção visual e de ensaios.

Na inspeção visual verifica-se se os equipamentos elétricos ligados em permanência:

- Satisfazem as regras de segurança e as normas que lhes são aplicáveis;
- Foram corretamente selecionados e instalados de acordo com as regras indicadas nas Regras Técnicas e com as indicações fornecidas pelos fabricantes;
- Não apresentam danos visíveis que possam afetar a segurança.

No caso dos ensaios estes devem incidir sobre os seguintes aspetos:

- Continuidade dos condutores de proteção e das ligações equipotenciais principais e suplementares;
- Resistência de isolamento da instalação elétrica;
- Proteção por meio da separação dos circuitos relativa à;
- Tensão reduzida de segurança TRS ou TRP;

- Separação Elétrica;
- Resistência de isolamento dos elementos da construção;
- Corte automático da alimentação;
- Ensaio da polaridade;
- Ensaio dielétrico;
- Ensaio funcionais;
- Proteção contra os efeitos térmicos;
- Quedas de tensão.

8.8.3 Trabalhos nas instalações

Quando se realizam trabalhos nas instalações, há vários cuidados que se devem ter pois qualquer descuido pode ter consequências graves.

Os trabalhos nas instalações elétricas devem ser sempre realizados quando estas não têm tensão elétrica. Nestes casos, o responsável, que deve ser um profissional qualificado, deve realizar o corte da corrente e certificar-se que as instalações estão sem tensão elétrica.

No caso de os trabalhos terem de ser realizados quando as instalações estão sob tensão, estes devem ser realizados seguindo a técnica adequada ao trabalho e usando o equipamento conveniente. Uma das principais preocupações durante estas situações passa por tomar todas as precauções durante o manuseamento de objetos que possam provocar contactos diretos com os elementos sob tensão.

8.8.4 Inspeções periódicas

As inspeções têm como objetivo garantir que as instalações elétricas são mantidas em conformidade com as RTIEBT, devendo ser efetuadas por pessoal qualificado.

Nas inspeções devem ser verificados os seguintes aspetos:

- Estado do isolamento dos condutores isolados ou cabos, e da bainha exterior destes, em especial dos cabos flexíveis;
- Estado dos aparelhos de corte ou de comando;
- Estado dos aparelhos de utilização, em especial dos móveis e portáteis;
- Condições de arranque imediato das fontes de alimentação das instalações de emergência.

As RTIEBT chamam a atenção para que sejam especificamente vigiados os seguintes aspetos:

- Manutenção dos dispositivos que coloquem as partes ativas fora do alcance das pessoas;
- As ligações e o estado dos condutores de proteção;
- O estado dos cabos flexíveis que alimentem aparelhos móveis, bem como os seus dispositivos de ligação.

8.8.5 Sistemas de proteção

Um dos deveres legais, no que diz respeito às instalações de utilização, é a obrigação de utilizar mecanismos destinados a assegurar a proteção das pessoas contra os choques elétricos. As disposições de proteção devem ser selecionadas e instaladas de forma a garantir a longevidade das mesmas, assim como a segurança dos utilizadores.

8.8.6 Proteção contra contactos diretos

A proteção contra contactos diretos consiste em defender as pessoas contra os riscos de contacto com as partes ativas dos materiais ou aparelhos elétricos. Esta forma de proteção é essencialmente preventiva e consiste em garantir que as partes ativas dispõem de proteção contra os contactos diretos.

8.8.7 Proteção contra contactos indiretos

Deve existir um dispositivo de proteção que separe automaticamente da alimentação o circuito ou o equipamento quando surgir um defeito entre uma parte ativa e uma massa.

Esta medida de proteção contra os contactos indiretos destina-se a impedir que, entre partes condutoras simultaneamente acessíveis, possam manter-se, durante um tempo suficiente para criar riscos de efeitos fisiopatológicos perigosos para as pessoas, tensões de contacto presumidas superiores às tensões limites convencionais $[U (\text{índice L})]$ seguintes:

- 50 V em corrente alternada (valor eficaz);
- 120 V em corrente contínua.

Para tempos de corte não superiores a 5 segundos, podem-se admitir, em certas circunstâncias dependentes do esquema das ligações à terra, outros valores para a tensão de contacto.

8.8.8 Eletricidade estática

Eletricidade estática é toda forma de eletricidade que está em equilíbrio, ou seja, não está a mover-se de um corpo para outro. É criada quando dois objetos ou materiais que estão em contato uns com os outros são separados. Enquanto os objetos estão em contato, a eletricidade da superfície das cargas tenta equilibrar-se uma à outra. Quando os objetos são separados, eles ficam com excesso ou escassez de elétrons, estando ambas as superfícies eletricamente carregadas. Se essas cargas não estiverem ligadas à massa, eles são incapazes de se mover e se torna "estático". E se a eletricidade estática não é removida, a tendência é aumentar a carga.

No limite, esta irá desenvolver energia suficiente para "saltar" através de uma faísca para o próximo objeto menos carregado eletricamente.

Numa atmosfera explosiva ou inflamável atmosfera, uma faísca pode desencadear uma explosão ou incêndio. O perigo é maior quando líquidos inflamáveis são despejados ou transferidos.

A eletricidade estática pode ser produzida por:

- Líquido não polarizado escoando através de um tubo ou mangueira (p. ex. hidrocarbonetos);
- Pulverização;
- Encher recipientes ou tanques;
- Movimento (e fricção) entre materiais;
- Movimento de material em pó seco através de calhas ou transportadores;
- Movimento de correias transportadoras não condutivas ou correias de transmissão;
- Aparelhos conectados a tomadas elétricas;
- Ligar ou desligar um interruptor de luz.

A eletricidade estática pode ser controlada por:

- Equipotencialidade e ligação às massas;

- Humidificação;
- Coletores estáticos.

8.8.9 Equipotencialidade e ligação às massas

Equipotencialidade e ligação à massa são técnicas usadas para evitar uma fonte de ignição de ser criado quando líquidos são transferidos entre objetos e/ou pessoas.

A ligação é quando há uma conexão elétrica entre dois ou mais elementos condutivos. A ligação garante que os recipientes tenham a mesma carga elétrica (potencial). Sem diferença de carga ou “potencial elétrico”, não pode ser criada uma faísca que “salte” de um recipiente para outro. A ligação também inclui quando partes do equipamento e recipientes eletricamente separados (por exemplo, por juntas ou compostos de calafetagem) são conectados. A ligação não elimina a carga estática é por isso que é usado em combinação com a ligação a massa.

Um recipiente é ligado à massa quando há uma conexão elétrica entre o recipiente e a terra de proteção. Esta ligação rapidamente drena uma carga estática.

8.8.10 Humidificação

Manter a Humidade relativa entre 60 e 70 por cento a 21 °C pode impedir que papel ou camadas de tecido e fibras colem umas nas outras. No entanto, a alta humidade relativa pode não impedir a acumulação de eletricidade estática e não deve ser considerada somente onde há líquidos inflamáveis, gases ou poeiras presentes.

8.8.11 Coletores estáticos

Estes são dispositivos que são usados em peças de equipamentos móveis e materiais não condutores, como películas plásticas. Alguns exemplos incluem barras de ouro metalizado e escovas de cobre de mola. Trabalham pela captura da descarga estática. Para funcionar corretamente, esses dispositivos deverão estar enterrados.

9 Comissionamento de sistemas e instalações

Comissionamento de uma instalação na fase de construção, é a fase de uma obra, durante a qual se procede ao teste e colocação em serviço, de acordo com os requisitos de projeto do dono de obra, de todos os equipamentos e respetivos sistemas associados instalados, bem como se procede à entrega de toda a inerente documentação técnica regulamentar, necessária para a respetiva operação e manutenção, de modo a proporcionar a entrega e respetiva receção provisória da instalação. A abordagem geral será descrita aqui, mas o foco será apenas aos aspetos implicados pelo uso de fluidos frigoríficos inflamáveis.

Qualquer instalação, incluindo o sistema de refrigeração completo, deve ser comissionada em termos de verificar se há desenhos e especificações operacionais apropriados antes que o sistema seja colocado em serviço. Deve-se prestar atenção especial às características de segurança empregadas para fins de uso de fluidos frigoríficos inflamáveis.

O comissionamento só pode ser realizado por uma pessoa competente e os resultados documentados antes do sistema poder ser colocado em operação. Só deve ser realizado de acordo com uma especificação de comissionamento, que prescreve os requisitos detalhados com os quais os vários serviços de comissionamento devem cumprir.

O comissionamento adequado do equipamento de refrigeração é crucial para garantir a correta operação dos recursos de segurança para minimizar o risco de o próprio sistema de refrigeração operar de maneira que comprometa a segurança. Um sistema de refrigeração mal comissionado pode

comprometer a segurança dos ocupantes da instalação e do pessoal de manutenção. Muitas vezes, o procedimento de comissionamento é encurtado devido à pressão do utilizador final e/ou de outras partes que desejam ter a instalação em operação, especialmente se houver atrasos durante a fase de instalação.

Normalmente, os requisitos para procedimentos de comissionamento mais abrangentes aumentam com o tamanho e complexidade da instalação. Para projetos maiores, uma equipe de gestão de comissionamento deve ser formado para coordenar e supervisionar o processo de comissionamento. A Figura 14 fornece uma visão geral do procedimento de comissionamento para instalações maiores; projetos ou equipamentos menores podem omitir certos estágios.

9.1 Requisitos de comissionamento

A seguir, são apresentados os principais requisitos para um processo de comissionamento bem-sucedido:

- O equipamento deve ser inerentemente comissionável, o que deve ser especificado no início do projeto do equipamento;
- Todas as partes devem permitir tempo suficiente para o processo completo de comissionamento e integrado ao programa geral;
- Formação de uma equipa de gestão de comissionamento;
- Garantir que todo o pessoal envolvido é adequadamente competente;
- Maximizar as atividades de pré-comissionamento fora do local, quando aplicável;
- Implementar verificações pós-ocupação para confirmar o desempenho dos controlos e vazamentos de fluidos frigorigéneos.

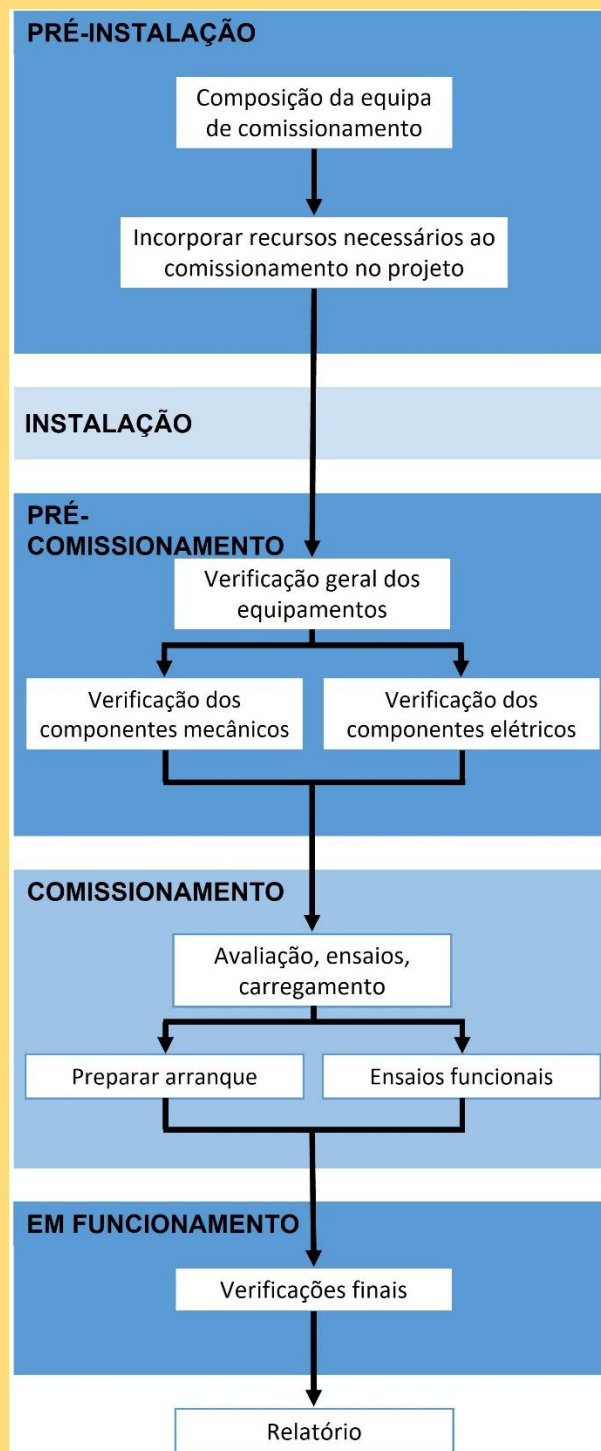


Figura 13 – Visão geral e sequência dos principais estágios envolvidos no comissionamento

É essencial que os resultados de todas as verificações e medições sejam registados por escrito pelo engenheiro responsável, junto com quaisquer comentários. Quebras na continuidade do comissionamento são prováveis e os registos adequados mostraram o estado do progresso em qualquer estágio específico. Geralmente, o fornecimento de registos de comissionamento é uma parte importante das informações de transferência para o utilizador da instalação.

9.2 Aspetos preliminares do projeto

Para garantir o comissionamento adequado, as informações devem ser fornecidas pelo projetista. O sistema e o equipamento de refrigeração devem ser projetados e instalados com todos os componentes necessários à instalação e com acesso adequado para permitir que os procedimentos de comissionamento necessários sejam devidamente realizados.

De seguida apresentam-se alguns detalhes relacionados ao sistema de refrigeração que devem ser incluídos na especificação:

- Descrição da divisão de responsabilidades entre as várias partes;
- Procedimentos de pré-comissionamento fora e dentro do local;
- Procedimentos de comissionamento no local;
- Disposições para gestão de atrasos;
- Requisitos de conclusão das fases;
- Envolvimento em qualquer teste de desempenho completo do sistema e subsistema;
- Documentação do sistema;
- Requisitos de formação do operador antes e durante o período de comissionamento (também pode haver um requisito para formação do operador após a entrega);
- Verificações pós ocupação.

9.3 Especificação

Para se proceder ao comissionamento de um sistema de refrigeração, deve ser fornecido à equipa de comissionamento os detalhes relacionados ao projeto / especificação do sistema. Estas informações devem incluir o seguinte:

- Detalhes completos do fluido frigorigéneo, a sua classificação de segurança, número de circuitos, limite da carga de cada um, e, se o sistema é fornecido totalmente carregado ou com uma carga de retenção;
- Descrição completa do equipamento e do funcionamento do sistema de refrigeração, explicando o sistema de controlo e lógica;
- Detalhes completos e instruções abrangentes sobre segurança, tanto para o funcionamento normal do sistema de refrigeração, como para situações que possam surgir como resultado de uma falha ou acidente;
- Esquemas completos do sistema de refrigeração preparado com gráficos e símbolos reconhecidos pela indústria, especialmente para que a localização de componentes que contenham fluido frigorigéneo possa ser identificada em relação aos diferentes tipos de ocupações;
- Referência aos códigos de segurança, normas e outras orientações para as quais o sistema foi projetado.

Devem ser fornecidas informações em relação à tubagem de fluido frigorigéneo e acessórios, identificando o local onde foi instalada. Para tal, o desenho esquemático da tubagem de fluido frigorigéneo instalada no local, deve incluir:

- Detalhes de qualquer tubagem de distribuição de fluido frigorigéneo, a localização de válvulas, juntas mecânicas, instrumentação, dispositivos e acessórios de segurança;
- Detalhes de quaisquer disposições do sistema de deteção de fuga de fluido frigorigéneo, juntamente com o número de sensores e sirenes ou indicadores de alarme, exaustores, condutas e descrição da sua localização;
- Detalhes de quaisquer sistemas ou disposições associadas ao sistema de refrigeração, como dispositivos de alívio de pressão e tubagens associadas;
- Instruções de configuração, funcionamento e manutenção do fabricante para os equipamentos de refrigeração;
- As configurações especificadas pelo fabricante para todos os dispositivos de segurança;
- Projeto de temperaturas, pressões e caudais nas condições operacionais estabelecidas para todos os fluidos frigorigéneos nas condições definidas, pontos de indicação e medição;
- Outras considerações ambientais que podem ser relevantes.

As informações relacionadas aos componentes elétricos (e outras fontes potenciais de ignição) também devem ser fornecidos, como:

- Uma lista de todos os componentes elétricos, identificando quais são especialmente selecionados ou posicionados para não serem uma fonte potencial de ignição;
- O tipo de proteção para cada componente elétrico, onde aplicável;
- Detalhes dos dispositivos de proteção elétrica para o compressor e outros motores;
- As configurações de projeto para sobrecargas de partida e quaisquer cortes térmicos ajustáveis.

9.4 Pré-comissionamento

O objetivo do pré-comissionamento é verificar se o equipamento e o sistema estão em condições satisfatórias e na condição segura para a configuração do trabalho. É desejável que o especialista de comissionamento seja um membro da equipa que supervisiona esse trabalho, e que o trabalho faça parte do contrato de comissionamento.

Existem verificações que devem ser realizadas antes do funcionamento inicial da instalação, tais como, se o local em torno da instalação não contém lixo e/ou detritos, se os equipamentos, tubagens e cabos elétricos estão corretamente ligados e rotulados, entre outras.

O Anexo B complementa muitas dessas verificações, na forma de *check-list*, que o especialista deve ter em atenção após a instalação do sistema e antes da sua entrada em funcionamento.

9.5 Manuseamento de fluido frigorigéneo

As instalações de refrigeração podem ser do tipo montado e embalado na fábrica ou o sistema pode ser montado no local. Em ambos os casos, certas verificações serão necessárias em algum momento antes do funcionamento da instalação.

9.5.1 Sistemas montados em fábrica

- Observar as leituras de pressão: onde as leituras são inferiores às especificadas pelos dados do fabricante à temperatura ambiente, o teste de estanquidade do sistema deverá ser repetido e onde as pressões partes do sistema são nominalmente atmosféricas, o teste de vácuo e o carregamento também devem ser realizados novamente;

- Onde as pressões são consistentes com os dados do fabricante para o sistema à temperatura ambiente, os testes de pressão e vácuo adicionais não devem ser necessários;
- Em qualquer caso, recomenda-se um teste de estanquidade em todas as juntas antes de aplicar uma carga completa.

9.5.2 Sistemas montados no local

Antes de colocar em serviço qualquer sistema de refrigeração, todos os componentes ou todo o sistema deve passar pelos seguintes testes, quando necessário:

- Teste de pressão;
- Teste de estanquidade;
- Teste de vácuo;
- Teste funcional de dispositivos de segurança.

Finalmente, o teste da instalação completa deve ser concluído antes da mesma ser colocada em funcionamento.

9.6 Configuração do trabalho e ajustes

Antes de ligar o compressor pela primeira vez (o compressor pode ter sido colocado em funcionamento brevemente durante a operação de carregamento do fluido frigorífero), deve ser realizada uma verificação visual adicional em todo o sistema e, em particular, todos os dispositivos de segurança de refrigeração devem ser submetidos ao seu ciclo completo de funcionamento.

Deve ser executado o seguinte:

- Definir os controlos de pressão do fluido frigorífero de acordo com as instruções do fabricante ou verificar se as configurações de fábrica não foram alteradas;
- Ajustar o pressostato de alta pressão para as configurações especificadas pelo fabricante.

Imediatamente antes de iniciar um ensaio em contínuo ao sistema de refrigeração, verificar se:

- Todas as válvulas de corte do circuito de fluido frigorífero estão na posição aberta, exceto as válvulas de derivação, em particular, verificar se a válvula da linha de líquido do condensador está aberta;
- As válvulas de aspiração e descarga do compressor estão abertas;
- As válvulas do manómetro de aspiração, de descarga e de óleo estão abertas;
- A válvula solenoide do evaporador está operacional;
- Os controlos de pressão do fluido frigorífero estão redefinidos, assim como, o controlo da pressão do óleo e o termostato de proteção contra congelamento.

9.7 Arranque, paragem e estabilização

Iniciar o sistema conforme prescrito pelo fabricante ou de acordo com o projetista da instalação. Depois de funcionar por cerca de 10 minutos, observar as leituras da corrente de arranque do motor e a pressão do manómetro. Verificar novamente o correto funcionamento dos pressostatos e garantir que estes desligam o equipamento. O sistema de refrigeração nesta fase deve estar totalmente operacional.

Realizar as verificações funcionais completas para qualquer controlo de segurança adicional. Onde aplicável, utilizar uma mistura de gás calibrada para libertar junto dos detetores de gás e seguir a sequência relevante, como bombagem, corte elétrico, início da ventilação mecânica e disparo de alarmes sonoros e/ou visuais, etc.

Seguir as instruções do fabricante ou a sequência correta, conforme detalhado na descrição do projeto, e desligar toda a instalação, observando se todos os mecanismos automáticos ou de segurança funcionam corretamente.

Observar e registar quaisquer irregularidades no ciclo de corte (p. ex. ruído, vibração, variação de pressão inesperada) e avaliar a causa e, quando apropriado, retificar.

Quando todos os procedimentos acima tiverem sido satisfatoriamente concluídos, todo o sistema deverá ser configurado para funcionar por um período contínuo de pelo menos 72 horas, sob controlo automático normal. Isto é, recomenda-se que a instalação seja supervisionada continuamente por uma pessoa competente, por pelo menos metade do período de estabilização.

Após esse período, deve se realizar o seguinte:

- Verificar a possível ocorrência de fugas de fluido frigorigéneo, que deve ser feito pelo menos duas vezes durante o período de ensaio do equipamento;
- Verificar o funcionamento e calibração dos dispositivos de controlo e proteção automáticos, incluindo o correto funcionamento da válvula solenoide da linha de líquido, bombagem automática, baixa e alta pressão, etc.;
- Verificar todos os equipamentos mecânicos quanto ao excesso de calor, ruído e vibração.

9.8 Entrega de documentação

Após a conclusão do comissionamento, é importante que, o utilizador final ou um representante, seja consultado para que verifique se eles estão satisfeitos com o sistema e se está a trabalhar como a especificação de projeto. A instalação não deverá ser entregue até que o utilizador final e o instalador estejam satisfeitos com o seu funcionamento. Deverá ser entregue:

- Conjunto completo de detalhes para o design do sistema, desenhos, dados técnicos do equipamento e mecanismos de segurança;
- Descrição completa dos procedimentos de comissionamento;
- Listagem de quaisquer problemas identificados e se houve alguma ação para resolvê-los;
- Listagem dos parâmetros operacionais, incluindo pressões, temperaturas, concentrações, etc., sob os quais o sistema deve funcionar;
- Instruções de funcionamento, manutenção e configurações de controlo para os principais equipamentos incluídos na instalação;
- Listagem de peças de reposição recomendadas para equipamentos críticos;
- Declaração de conformidade relevante para os equipamentos instalados, conforme exigido pela legislação aplicável;
- Outras informações, conforme exigido pela autoridade de controlo, para preencher o arquivo de saúde e segurança;
- Outras informações pertinentes.

9.9 Registo da instalação

Os donos de equipamentos de AVAC&R que contêm gases fluorados com efeito de estufa, designados operadores, em quantidade igual ou superior a 5 ton_{eq} CO₂, estão sujeitos ao preenchimento e submissão do Formulário de Gases Fluorados, que consta num módulo específico na plataforma SILIAMB da Agência Portuguesa do Ambiente, cuja obrigação decorre da legislação nacional, Decreto-Lei n.º 145/2017.

Por defeito, os Operadores são os donos do equipamento, mas dependendo das disposições contratuais acordadas entre a empresa detentora do equipamento e a empresa prestadora de serviços de manutenção, o operador poderá ser a empresa prestadora de serviços, que nesse caso procederá a esta comunicação obrigatória em nome do Operador.

Uma ferramenta bastante útil para auxiliar na obtenção da informação necessária ao preenchimento do Formulário de Gases Fluorados, é a Ficha RAE (Ficha de Registo da Aplicação/Equipamento), onde o operador deve ter registadas todas as intervenções realizadas pelos técnicos certificados nos seus equipamentos. Esta Ficha RAE é de existência obrigatória, desde que o equipamento possua uma quantidade de fluido igual ou superior a 5 ton_{eq} de CO₂, devendo estar afixada junto ao respetivo equipamento.

10 Manutenção, reparação e assistência técnica

Como nota introdutória para esta secção, começamos por salientar que para as intervenções em equipamentos que contenham fluidos frigoríficos de classificação A2L, A2 ou A3, antes de iniciar qualquer intervenção, deverá ser verificada e validada, respetivamente, a adequabilidade das ferramentas para efetuar a intervenção bem como o bom estado das mesmas. Também antes de iniciar qualquer intervenção deve ser validado o espaço, compreendidas as normas e regras de segurança da instalação por forma a adaptar e ajustar a intervenção às exigências evidenciadas pelos responsáveis de cada instalação.

Um dos objetivos da manutenção preventiva e corretiva é a deteção precoce de eventuais fugas de fluido frigorífico e a sua eliminação imediata e também das fugas de óleo que ocorram. Esta ação que constitui um requisito legal, deve ser efetuada para todos os aparelhos com carga de fluido superior a 5 toneladas de equivalente de CO₂ com carácter obrigatório e periodicidade anual, semestral ou trimestral, de acordo com Decreto-Lei n.º 145/2017.

As intervenções de manutenção preventiva e corretiva devem realizar-se por um técnico especializado de refrigeração, com formação e qualificação em conformidade com os requisitos mencionados na Secção 6) e de acordo com a NP EN 378-4 Cap.5.

Não obstante o anterior, os operadores (donos dos equipamentos e instalações) devem também ter em atenção alguns aspetos preventivos. Diariamente devem realizar um controlo visual da instalação, onde se incluem as seguintes ações:

- Inspeção visual aos locais de possíveis fugas de fluido frigorífico e óleo, e aos locais de possível formação de gelo e com isolamento térmico danificado;
- Monitorização da temperatura dos espaços e fluidos frigoríficos de refrigeração e de arrefecimento, e das temperaturas de aspiração e compressão do compressor, das temperaturas do condensador e do evaporador. Para tal é fundamental manter os termómetros aferidos com periodicidade regular e certificados por entidade acreditada.
- Monitorização do nível de óleo lubrificante nos compressores, de fluido frigorífico no recipiente de líquido, bem como dos fluxos de ar e de água;

- Inspeção ao registo de alarmes (caso exista), e inspeção visual ao(s) dispositivo(s) de alívio de pressão (disco de rotura ou válvula de segurança).

Os mesmos operadores devem anotar regularmente em livro de registo (diário ou semanal), os valores e parâmetros atrás obtidos nos instrumentos de monitorização e controlo da instalação, ou com recurso a instrumentos portáteis. Esta ação cabe no âmbito da manutenção preventiva ou corretiva e constitui um instrumento de análise indispensável para o técnico de refrigeração quando ocorre uma avaria.

No Anexo C do presente Guia apresentam-se as tarefas de manutenção preventiva, contemplando de forma abrangente todos os tipos de instalações de refrigeração e de climatização.

10.1 Manutenção preventiva e inspeções

Algumas ações de manutenção preventiva não implicam a paragem da instalação; enquanto outras podem implicar paragens por breves períodos. Os materiais de substituição sistemática ou os de previsível necessidade em resultado da inspeção ou de anteriores revisões, devem ser provisionados antecipadamente de modo a minimizar o período de paragem da instalação. A manutenção preventiva pode ser realizada de modo a coincidir com o período de inspeção obrigatória, aproveitando a oportunidade do período de paragem.

Mais uma vez, como complemento, no Anexo C descrevem-se continuamente as ações de manutenção preventiva e inspeções mais importantes.

10.1.1 Inspeção visual de fugas

Para além da questão legal já referida atrás – cumprimento do Decreto-Lei n.º 145/2017, a deteção precoce de fugas e a sua rápida eliminação, prolonga a vida útil da instalação frigorífica na medida em que mantém o rendimento da mesma ao manter as propriedades do fluido inalteradas.

Uma consequência da existência de fugas de fluido frigorigéneo é a infiltração de humidade na instalação e os danos que daqui ocorrem, tais como: a saturação do filtro secador, o bloqueio da válvula expansora, e rotura de tubos devido à transformação da água em gelo. Além disso, provoca a deterioração do óleo de lubrificação e a corrosão interna do compressor. A presença da água no óleo provoca uma reação de hidrólise e a formação de ácidos orgânicos corrosivos, os quais se podem espalhar por toda a instalação (linha de gás, linha de líquido e equipamentos) e causar danos irreversíveis. É necessária a monitorização pela observação do visor de líquido (com detetor de humidade) e pelo tato da superfície fria do filtro secador, os quais devem ser substituídos quando acusam a necessidade.

Uma característica dos fluidos frigorigéneos HFC e HFO é serem cerca de 25 vezes mais higroscópicos comparativamente aos antigos fluidos clorados. A presença de humidade no fluido frigorigéneo, mesmo em pequena quantidade, provoca a decomposição dos elementos fluorados e a formação de ácidos corrosivos e tóxicos que atacam os metais (aços e ligas não ferrosas), originando sedimentos metálicos. A solução para este problema reside na montagem de filtros secadores, filtros de impurezas e antiácido, previamente à substituição dos fluidos frigorigéneos. Em casos drásticos, como de uma paragem prolongada da instalação, implica uma operação de manutenção corretiva, com desmontagem dos equipamentos principais.

A presença da humidade numa instalação também pode resultar do carregamento involuntário com óleo contaminado de humidade, dado que o óleo sintético é altamente higroscópico (10 vezes mais que o óleo mineral). Por esta razão, quando da reposição ou carregamento do óleo, a embalagem deve ser aberta apenas no exato momento de carregamento (preferencialmente deve ser usada a totalidade da lata) e ficar bem fechada até nova utilização, conservando em local seco e de temperatura ambiente estável.

No caso de fluidos que sejam misturas, se a perda de fluido for detetada e eliminada rapidamente, e se a fuga for inferior a 10 % do volume da instalação, não há perda de propriedades do fluido e o rendimento da instalação mantém-se normal. Uma fuga persistente e prolongada no tempo (superior a 10 % do volume), reduz drasticamente o rendimento da instalação porque se alteram as propriedades do fluido devido à separação dos componentes químicos, e implica uma substituição completa por novo fluido virgem.

10.1.2 Monitorização da temperatura dos espaços, fluidos frigoríficos e equipamentos

A monitorização das temperaturas, numa periodicidade diária ou semanal, visa manter otimizado o rendimento da instalação.

Para assegurar o efetivo controlo da temperatura do ar num sistema de expansão direta, ou da temperatura da água num sistema de água refrigerada, deve ser inspecionado o termostato e os seus elementos eletromecânicos com uma periodicidade definida, bem como verificar a correta posição de funcionamento e o local de montagem. Nomeadamente a posição e fixação do elemento sensor é fundamental para uma correta leitura e controlo.

Na ausência de termómetros fixos da instalação para medição da temperatura do ar ou da água ou do fluido frigorífico, à entrada e à saída dos evaporadores, e também dos condensadores, e outros permutadores de calor, devem ser usados instrumentos portáteis para conferir com os valores pretendidos.

Nos evaporadores (arrefecedores de ar ou de água) quando ocorre a formação de gelo nas alhetas ou no tubular, respetivamente, é sintoma de falha do fluxo de ar ou do fluxo de água, consequência de avaria do ventilador ou da bomba, respetivamente, ou de falha dos dispositivos de proteção (fluxostatos ou pressostatos). Por outro lado, o excesso de calor no evaporador pode dever-se a um sobreaquecimento na válvula expansora superior ao aconselhado pelo que deve-se atuar na afinação da válvula para não prejudicar o rendimento da instalação.

Também a temperatura dos equipamentos principais deve ser observada, nomeadamente as cabeças dos compressores, sejam arrefecidas a ar ou a água. O calor excessivo nas cabeças do compressor pode ser sintoma de avaria interna (segmentos partidos ou dispositivos de segurança avariados) ou de mau arrefecimento por falta ou redução de fluxo de ar ou de água, ou até de sobreaquecimento exagerado da válvula expansora. Em sentido contrário, um arrefecimento excessivo das cabeças pode resultar de sobreaquecimento nulo ou baixo, o qual deve ser corrigido de imediato para evitar graves danos no compressor, devido a golpes de líquido na aspiração. Esta avaria cabe no âmbito da manutenção corretiva.

No caso das câmaras de congelação pode ocorrer formação de gelo nas alhetas dos evaporadores, devido à frequente abertura ou má estanquidade das portas, consequência da entrada de ar. Esta ocorrência pode minimizar-se com a colocação de lamelas flexíveis no marco das portas. Também há formação de gelo nas alhetas quando estas têm um passo demasiado estreito, inadequado para géneros alimentares de elevada evapotranspiração. Mesmo nas condições ideais há sempre formação de gelo e é fundamental providenciar uma adequada descongelação do evaporador, incluindo das resistências de esgoto, comprovando o funcionamento das resistências elétricas, ou da válvula inversora do circuito de gás quente, ou da temporização do relógio, e vigiar o seu funcionamento regularmente. Quando há formação de gelo nos marcos das portas das câmaras de congelados deve ser verificada a vedação das portas e a ligação elétrica da resistência anti-congelamento, e corrigidos os defeitos com a maior brevidade.

Nas tubagens onde circula fluido a temperaturas negativas, ou tubagens que correm dentro de câmaras de congelação, pode formar-se gelo ou condensação superficial caso o isolamento térmico esteja danificado ou montado incorretamente. Estas situações são suscetíveis de acontecer quando as

tubagens correm ocultas em paredes ou tectos falsos ou em locais de acesso difícil. Quando são detetadas devem ser corrigidas prontamente colocando o material de isolamento com a espessura adequada e a barreira ao vapor se for o caso. As tubagens e válvulas de metais ferrosos sendo suscetíveis de corrosão por debaixo da camada de tinta, quando ocorre condensação em contacto com o metal, devem logo que possível ser objeto de um tratamento superficial adequado após a secagem e antes de aplicar a pintura, mesmo que tal implique a paragem da instalação.

10.1.3 Inspeção do nível de óleo e dos fluidos frigoríficos

Para que não resultem prejuízos graves ao compressor deve ser vigiado regularmente o nível de óleo do cárter ou do reservatório de óleo. Através do visor de nível de óleo do cárter, o óleo deve-se observar e manter entre 2/3 e 3/4. O arrastamento de óleo do compressor para a instalação pode ser considerado normal, desde que este retorne novamente ao compressor, ao fim de algum tempo. O óleo quando arrastado para a instalação prejudica a troca de calor e faz falta no cárter do compressor para a função de lubrificação dos órgãos sujeitos a desgaste. Quando não se dá o retorno do óleo ao cárter pode ser necessária uma intervenção ao compressor ou ao separador de óleo (âmbito da manutenção corretiva). Também pode tratar-se de uma incompatibilidade do tipo de óleo com o fluido frigorífico, questão a verificar por consulta do manual de fabricante do compressor e da tabela de compatibilidades do óleo.

O nível de fluido frigorífico deve ser monitorizado pelo visor de líquido ou pelo nível de líquido do condensador e/ou reservatório, o qual deve estar conforme o aconselhado pelo fabricante. Como já atrás referido, a deteção e eliminação precoce de fugas é da maior importância.

Um dos pontos suscetíveis de fuga de óleo e de fluido no compressor é o buçim ou retentor do veio, embora seja aceitável uma gota minúscula em compressores de elevada capacidade ou com muitas horas de funcionamento. Quando o desgaste do buçim é acentuado ou existe desalinhamento da união de acoplamento entre motor e compressor é necessário corrigir o desalinhamento e/ou substituir o retentor – reparação que se enquadra na manutenção corretiva.

10.1.4 Inspeção ao registo de anomalias e dispositivos de segurança

A inspeção regular ao controlador do equipamento para visualizar a ocorrência de anomalias e alarmes é fundamental para diagnosticar e distinguir se uma avaria teve origem mecânica ou elétrica, ou ambas. Na falta deste registo o diagnóstico terá de ser feito por consulta do manual da instalação e guia de avarias (*troubleshooting*), ou pelo método de tentativas sucessivas.

A inspeção deve incluir a válvula de segurança e/ou de alívio de pressão para concluir se houve abertura da válvula por disparo de pressão. Caso tal tenha ocorrido deve ser averiguada a razão da subida excessiva de pressão e verificada a válvula ou o dispositivo de alívio e testada pneumaticamente abaixo da pressão de disparo (âmbito da manutenção corretiva) tendo o cuidado de verificar o nível de fluido frigorífico. Se a razão do disparo se deveu a uma mudança de fluido então deve ser corrigida a nova pressão de abertura e ser efetuado o teste de pressão. No caso de uma fuga de fluido superior a 10% do volume e o fluido seja uma mistura de componentes é necessário efetuar a evacuação do fluido existente e a reposição de fluido novo. No livro de registos deve ser anotado o peso do fluido recolhido e carregado, a data do registo e o técnico certificado deve fazer o envio para a entidade oficial gestora da certificação, de acordo com a legislação.

10.1.5 Substituição sistemática em inspeção de rotina

Em todas as instalações quando sujeitas a revisão deve ser feita a substituição sistemática do filtro secador ou dos elementos filtrantes e do filtro de partículas. Na mesma linha de ação, deve ser observado o visor de líquido e ser feita a sua substituição, caso o detetor de humidade acuse a sua presença.

Em paralelo deve-se fazer a recolha de uma amostra de óleo do compressor a fim de se testar a presença de humidade, tendo o cuidado de não contaminar a amostra. Em função do resultado da análise (por teste rápido com padrões) deve-se atuar em conformidade, independentemente do n.º de horas de funcionamento e do especto visual.

Para além das inspeções já descritas anteriormente devem também ser alvo de inspeção os danos físicos em tubagens. As amolgadelas, dobragens ou torsões causados inadvertidamente por choques devidos a trabalhos de construção ou movimentação de cargas contíguos à instalação, ou a utilização indevida dos tubos para escalada ou acesso a locais inacessíveis.

Também são de considerar a nível de inspeção os ruídos anormais durante o funcionamento de equipamentos rotativos, como motores elétricos, bombas, ventiladores ou outros, que podem indiciar desgaste de rolamentos ou chumaceiras ou falta de lubrificação nos mesmos, ou ainda desalinhamento do eixo de rotação ou desequilíbrio das pás. Nestes casos a inspeção deve incidir na medição de vibrações.

A anotação destas inspeções em livro de registos é fundamental para uma eficaz manutenção preventiva e corretiva.

10.1.6 Avaliação de condição

Para efetuar uma ação de assistência técnica decorrente de uma avaria, o técnico especialista deve fazer previamente uma avaliação de condição, consistindo na inspeção aos danos da instalação; na deteção e identificação das avarias ou falhas, por meio de guia de diagnóstico (*troubleshooting*) e/ou teste de avarias e causas por e consulta do manual da instalação.

Quadro 7 – Guia de diagnóstico de avarias

Guia de diagnóstico de avarias “troubleshooting”					
Anomalia	Pressão descarga	Pressão aspiração	Sobre aquecimento	Sub arrefecimento	Corrente elétrica
Sobrecarga fluido	↑	↑	↓	↑	↑
Subcarga fluido	↓	↓	↑	↓	↓
Restrição linha líquido – filtro secador	↓	↓	↑	↑	↓
Baixo fluxo de ar no evaporador	↓	↓	↓	↑	↓
Condensador sujo	↑	↑	↑	↑	↑
Baixa temperatura exterior	↓	↓	↓	↑	↓
Compressor ineficiente	↓	↑	↑	↑	↓
Bolbo válvula expansora solto	↑	↑	↓	↓	↑
Bolbo válvula expansora sem carga	↓	↓	↑	↑	↓

(continua)

Quadro 7 - Guia de diagnóstico de avarias (conclusão)

Guia de diagnóstico de avarias "troubleshooting"					
Anomalia	Pressão descarga	Pressão aspiração	Sobre aquecimento	Sub arrefecimento	Corrente elétrica
Bolbo válvula expansora não isolado	↑	↑	↓	↓	↑

Quadro 8 - Boas e más práticas

Boas práticas	Más práticas
Manter os instrumentos de medida aferidos com regularidade, como termómetros, manómetros, etc.	Não tentar reparar avarias sem entender a causa das mesmas
Não alterar ou intervir numa instalação sem conhecer o funcionamento desta	Não retirar ou acrescentar componentes sem verificar o manual do fabricante
Verificar o valor correto do sobreaquecimento na aspiração do compressor	Não intervencionar uma instalação com o quadro elétrico de potência ligado
Substituir os filtros secadores sempre que acusem saturação	Não montar um filtro secador já usado
Inspecionar a presença de humidade pela observação do visor de líquido com indicador de humidade	Não seleccionar válvulas de controlo apenas pelos diâmetros de entrada e saída, sem calcular a capacidade
Controlar o valor do sobreaquecimento da válvula expansora	Não aferir as temperaturas apenas pela sensação ao tato

10.2 Manutenção corretiva e revisão geral

Para as intervenções em equipamentos que contenham fluidos frigorigéneos de classificação A2L, A2, B2L, B2, A3 ou B3, antes de iniciar qualquer intervenção, deve ser verificada e validada a adequabilidade das ferramentas para a intervenção a realizar, bem como o bom estado de funcionamento das mesmas.

Também antes de iniciar qualquer intervenção, deve ser validado o espaço, compreendidas as normas e regras de segurança da instalação, por forma a adaptar e ajustar a intervenção às exigências evidenciadas pelos responsáveis de cada instalação, nomeadamente, devem ser providenciados os equipamentos de proteção individual (EPI) aos técnicos envolvidos.

Tratando-se de instalações industriais ou comerciais de média ou grande dimensão, com equipamentos e características complexas, o técnico de refrigeração pode recorrer ao apoio de uma equipa multidisciplinar, (mecânicos, tubistas, eletricitistas).

Uma revisão geral tem por objetivo a reparação de um ou mais equipamentos principais e secundários:

- Os quais tenham atingido a data de manutenção periódica ou o n.º de horas de funcionamento estabelecido pelo fabricante;
- Para os quais foram detetadas avarias numa fase de avaliação de condição ou em função de deficiências previamente anotadas no livro de registos;

- Os quais tenham estado parados durante muito tempo e não existam registos de manutenção.

A revisão geral pode também ser extensível a toda a instalação, tubagens, componentes principais e secundários. A revisão geral deve ser precedida da recolha de fluido frigorigéneo da instalação e da recolha do óleo do compressor e separador.

Antes de iniciar as desmontagens deve-se desligar o quadro elétrico geral para segurança do pessoal e retirar alguns fusíveis do quadro para evitar risco de choques elétricos. Seguidamente iniciar a desmontagem dos equipamentos secundários e prosseguir com os equipamentos principais.

10.2.1 Reparação de compressores abertos ou semi-herméticos

A reparação geral de compressores deve ter em conta as recomendações do fabricante quanto ao intervalo entre revisões, e dos sobresselentes sistemáticos entre cada revisão. Esta revisão pode ser programada para coincidir com a da substituição do óleo. O técnico de refrigeração executa as seguintes tarefas:

- Desmontagem do compressor, recolha do óleo para recipiente próprio, para posterior análise do estado do óleo e do filtro de óleo. O estado do óleo permite determinar o desgaste dos órgãos móveis e as condições de trabalho ou as causas de eventual avaria ocorrida;
- Abertura interna do compressor para verificação dos órgãos móveis de desgaste – casquilhos de apoio, moentes, retentor do veio, conjunto biela-manivela, veio de ressaltos, segmentos, camisas, etc. – e registo dimensional dos vários componentes, incluindo a verificação da válvula de segurança interna do compressor e interruptor térmico (caso existam). Substituição do filtro de óleo, filtro de aspiração e outros;
- Comparação do registo dimensional da revisão anterior com a revisão em curso, para avaliação quanto à possibilidade de recuperação (cotas de retificação) de acordo com o manual do fabricante, ou da necessidade de substituição por sobresselentes originais com certificado do fabricante;
- Revisão do motor elétrico com substituição de rolamentos, verificação dos contactos e medição da resistência de isolamento dos enrolamentos;
- Montagem oficial do compressor com todos os componentes internos conforme original, atesto de óleo novo para efeito de teste de funcionamento e transporte para o Banco de Ensaios;
- Teste do compressor no Banco de Ensaios, com ensaio do sistema eletromecânico de regulação de capacidade (carga total e parcial).

Na fase de montagem na instalação o conjunto compressor e motor elétrico deve ser rigorosamente alinhado por meio de um instrumento de alinhamento que verifique todos os graus de liberdade, e executado por técnico devidamente habilitado. O alinhamento e a fixação por aperto do compressor e motor elétrico à estrutura de apoio devem ser feitos de modo a não induzir esforços nos tubos de aspiração e compressão. Por outro lado, a estrutura de apoio deve estar dimensionada para os esforços resultantes das vibrações induzidas e possuir apoios anti-vibratórios adequados.

10.2.2 Reparação de instalações frigoríficas – sistemas a água

10.2.2.1 Condensadores e evaporadores a água

As reparações de manutenção corretiva relacionadas com os circuitos de água – refrigeração do condensador a água ou arrefecimento de água refrigerada – implicam a desmontagem destes permutadores de calor para desmontagem interior, reparação e limpeza de tubulares, e provas de pressão e estanquidade.

Nos condensadores tubulares a limpeza faz-se por escovagem no interior dos tubos (lado da água) e lavagem química de desincrustação e desengorduramento no interior da carcaça e exterior dos tubos (lado do fluido frigorífero). Nos condensadores e permutadores de calor de placas e nos condensadores evaporativos a lavagem faz-se quimicamente ou por ultrassons.

Nos evaporadores (*chillers*) tubulares a lavagem faz-se em meio químico desengordurante no interior da carcaça e exterior dos tubos (lado da água refrigerada) para remover a película gordurosa do aditivo anticongelante. Nos evaporadores de expansão direta o processo de lavagem é idêntico, mas por imersão em banho líquido.

Após a lavagem deve efetuar-se uma prova de pressão com azoto seco para comprovar a integridade do feixe tubular e dos espelhos. Caso haja rotura em vários tubos estes devem ser identificados para reparação por substituição, com remoção dos espelhos. Quando o total de tubos rotos é inferior a 10% é admissível efetuar o tamponamento em cada tubo.

10.2.2.2 Bombas, tubagens e válvulas

As bombas de circulação de água (refrigerada ou de arrefecimento) devem ser verificadas quanto a vários aspetos, nomeadamente a verificação do equilíbrio do rotor, para não provocar vibrações.

Uma consequência das condições de pressão de funcionamento adversas é a formação de pontos de cavitação nas pás – defeitos que podem ser corrigidos por enchimento com resina epóxi, quando possível, sendo depois necessário verificar o equilíbrio do veio e das pás.

Devem ser verificadas as possíveis fugas de lubrificante dos rolamentos ou chumaceiras, com atesto do lubrificante adequado ou substituição dos rolamentos em função do n.º de horas de funcionamento;

Relativamente aos motores elétricos das bombas devem ser verificados os rolamentos quanto ao estado de funcionamento e à lubrificação, as escovas de carvão, verificada a medida da resistência de isolamento a frio e a quente, bem como a limpeza e aperto dos bornes e contactos.

No caso das bombas de circulação que operam a temperaturas muito baixas, importa garantir em fase montagem um isolamento térmico bem aplicado e com a espessura adequada para evitar condensações e formação de gelo e consequentes focos de corrosão.

No caso das bombas que operam com água salgada ou salobra, para além de eliminar os pontos de corrosão, é muito importante garantir a proteção anticorrosiva no interior da bomba e das tubagens afins, por meio de ânodos sacrificados (zincos).

Em fase de montagem e comissionamento, o circuito de água refrigerada deve ser atestado e adicionado com aditivo anticongelante, tipo glicol, no teor adequado ao volume da instalação, para evitar a congelação no evaporador e melhorar a troca térmica. É necessário inspecionar o funcionamento do vaso de expansão quanto à pressão exercida pelo diafragma e pelo azoto e assegurar a estanquidade do conjunto.

Em sistemas a água, especialmente nos meios salinos, os filtros de rede e partículas e as tomadas de aspiração estão sujeitos a corrosão acelerada, pelo que devem ser lavados quando são recuperáveis ou substituídos quando não cumpram a função. Quando em funcionamento no circuito, a necessidade de limpeza deve ser monitorizada por meio de manómetros diferenciais e/ou sinalizadores luminosos.

As válvulas de operação manual devem ser desmontadas para beneficiação geral: limpeza das hastes, verificação das sedes e dos obturadores com retificação das superfícies de contacto ou substituição de sedes postiças e substituição dos empanques. As válvulas operadas por pressão hidráulica ou pneumática requerem a aferição da pressão nos diafragmas e por meio da tensão operada pelas molas, durante o curso de abertura e o curso de fecho, com registo da curva de histerese. Os valores de abertura

e fecho devem ser registados e atualizados em folha de registos para posteriores intervenções. Os elementos de vedação como juntas e anéis (*o-rings*) devem ser sempre de substituição sistemática.

10.2.2.3 Instrumentação

Os aparelhos de medida devem ser objeto de manuseamento cuidadoso, em fase de manutenção corretiva, identificados para efeitos de rastreabilidade da certificação e para a correta montagem posterior.

As avarias em instrumentos de medida e controlo resultam de mau manuseamento ou de condições de funcionamento adversas que excedem os valores para os quais os aparelhos estão dimensionados.

Por sua vez as condições de trabalho dependem da natureza do fluido (corrosivo ou não corrosivo), da pressão do fluido (positiva ou vácuo), da temperatura do meio (positiva ou negativa) e das vibrações mecânicas (intermitentes ou contínuas).

Em fase de manutenção corretiva os instrumentos de medida e controlo devem ser inspecionados, verificada a rastreabilidade, avaliados os danos e possibilidade de reparação. Deve ser avaliada a adequabilidade do instrumento ao parâmetro a medir, ao modo de controlo e atuação, ao meio onde está aplicado e ao modo de montagem na instalação. Após a reparação segue-se a submissão a testes em banco de ensaios padronizado. Para garantia de segurança e cumprimento do disposto no Decreto-Lei n.º 131/2019, de 30 de agosto, também se devem calibrar as válvulas de segurança para a pressão de abertura apropriada à instalação e certificadas por entidade certificadora.

Para efeitos de garantia de qualidade os instrumentos de medida e controlo devem ser aprovados e certificados por entidade acreditada. Devem ser conservados os registos de calibração e certificação.

Nesta fase os órgãos auxiliares e a instrumentação devem ser inspecionados e testados em banco de ensaios de pressão, e de temperatura (manómetros e termómetros). Após inspeção devem ser reparados ou reconicionados ou substituídos quando não é possível ou viável a reparação, e depois devem ser aferidos e certificados por entidade acreditada.

10.2.2.4 Quadro e instalação elétrica

Revisão dos dispositivos eletromecânicos, com reparação ou substituição, tal como em relação ao quadro elétrico e respetiva aparelhagem, características ATEX e confirmando o bom estado e limpeza dos contactos elétricos - sem verdete, sem zonas ou fios queimados, sem falhas de metal ou má fixação e a ausência de faíscas, especialmente tratando-se de fluidos frigorigéneos inflamáveis.

Encontram mais pormenores sobre este tema no Cap. 8 do presente Guia.

10.2.3 Reparação de instalações frigoríficas – sistemas a ar

10.2.3.1 Condensadores e evaporadores

No âmbito de uma manutenção corretiva, os condensadores arrefecidos a ar e evaporadores de ar forçado devem ser lavados de sujidades encrustadas nas serpentinas ou tubos e alhetas. Os líquidos de lavagem aplicados, devem ser compatíveis com os materiais dos tubos e alhetas – metais não ferrosos ou aço inox.

Os tubos devem ser inspecionados quanto a danos físicos ou fugas e as alhetas devem ser endireitadas mantendo o paralelismo e mantidas sem amolgadelas. Em caso de rotura pode ser efetuada a soldadura adequada, se possível, e verificada a sua integridade após a prova de pressão.

10.2.3.2 Ventiladores e condutas de ar

Os ventiladores, após a desmontagem, devem ser objeto de limpeza das pás e do motor elétrico. Os ventiladores acionados por correias devem ser inspecionados quanto às polias e às correias e se necessário devem ser substituídas. Devem ser inspecionados os rolamentos do motor e do ventilador, tendo em conta o n.º de horas de funcionamento. Também deve ser efetuada a limpeza e aperto dos bornes e contactos do motor elétrico.

As condutas e grelhas de passagem de ar devem ser limpas periodicamente através das aberturas de visita, por meio de aspiração e escovagem potente, após a qual é submetida a endoscopia. Os filtros de partículas e de odores devem sofrer uma limpeza ou lavagem, quando possível, ou ser substituídos quando perdem as propriedades. Deste modo é possível garantir uma limpeza eficaz e a qualidade do ar pretendida.

10.2.4 Limpeza/ lavagem de tubagens e componentes

A lavagem (*flushing*) da uma instalação frigorífica deve acontecer quando ocorra inopinadamente a rotura do tubular do permutador de calor – condensador ou evaporador – em sistemas ar/água ou água/água; ou migração de óleo do compressor ou do separador para o circuito e permutadores de calor. Também é necessário proceder a uma lavagem na sequência de um sobreaquecimento interno do compressor com migração de óleo.

Havendo rotura do feixe tubular do permutador (evaporador/ *chiller* ou condensador) existe contaminação do fluido frigorigéneo com água. Durante o funcionamento, o lado do fluido de maior pressão invade o lado do fluido de menor pressão, e após a paragem dá-se progressivamente o equilíbrio de pressões.

Havendo migração excessiva de óleo para o circuito, por inexistência de separador ou por mau funcionamento deste, o óleo espalha-se para a linha de alta pressão e condensador, alojando-se neste ou até passar para a linha de líquido. Esta situação pode resultar de incompatibilidade entre o fluido frigorigéneo e o óleo, em consequência de operações de *drop-in* ou de *retrofit*.

Outra situação que pode ocorrer é a queima do compressor, hermético ou semi-hermético, por sobreaquecimento interno, a qual implica a substituição do compressor, mas também a mudança do fluido e do óleo contaminados.

Em qualquer das situações referidas, deve efetuar-se uma lavagem do circuito frigorífico com líquido solvente de baixo valor de PAG (GWP) e de utilização segura – não prejudicial ao meio ambiente (terrestre, aéreo ou aquático) e não inflamável – utilizando uma estação de bombagem externa ao circuito.

Estes fluidos solventes devem ser objeto de seleção apurada e de testes de operação prática. Deve ser consultada a Ficha de Segurança do produto e proceder em conformidade com as instruções descritas. Deve-se ter em atenção que alguns fluidos de lavagem são misturas de vários componentes, em que a fração líquida é não inflamável, e apenas a fração gasosa é inflamável, em determinadas concentrações. Face à diversidade de fluidos de lavagem existentes no mercado, a escolha deve ser uma opção ponderada segundo a perspetiva da segurança e da compatibilidade com os materiais: da instalação frigorífica e da estação de bombagem (pás do rotor, veio, válvulas, empanques, vedantes e a mangueira).

A manipulação destes fluidos requer uma boa ventilação do local, sendo aconselhável a medição do valor da concentração com um analisador de atmosfera perigosa, especialmente se for executada de imediato uma operação de soldadura. Como medida de prevenção deve estar por perto um extintor de incêndio tipo ABC ou preferencialmente um operacional de segurança contra incêndios.

10.2.5 Soldadura – Soldo-brasagem e brasagem

O tipo de soldadura usada em instalações frigoríficas é a soldadura a maçarico oxi-acetilénico. No caso da aplicação nas uniões de tubos de metais não ferrosos – cobre, latão, bronze, cupro-níquel – a técnica específica é a da soldo-brasagem e a brasagem. Para um processo eficaz as peças a ligar devem ser muito bem decapadas, desengorduradas e limpas. O cobre dos tubos deve ser do tipo desoxidado ao fósforo e o metal de adição (vareta) deve ser o cobre desoxidado com um teor de prata de 20 % a 30 %. As peças ou tubos a unir por meio de uma junta de sobreposição são submetidos à temperatura desejada, sendo depois adicionado o fluxo decapante molhado na vareta. A temperatura ideal do maçarico deve atingir os 890 °C para permitir a fusão da vareta e a penetração na junta por capilaridade, que com a adição do fluxo evita a formação de óxido cuproso. Pode ser usada uma vareta de metal de adição já revestida (auto-decapante) que é uma alternativa de trabalho mais fácil e mais rápida.

10.2.6 Prova de pressão – prova de resistência e estanquidade

Os circuitos de fluido frigorígeno das instalações frigoríficas devem ser submetidos a uma prova de pressão com azoto, com vista a comprovar a resistência mecânica e a detetar eventuais fugas de fluido. De acordo com o Decreto-Lei n.º 131/2019, a prova de resistência (PP) é feita à pressão de serviço (PS) acrescida do fator 1,3.

No lado da baixa pressão a pressão de prova é $PS_{BP} \times 1,3 = PP_{BP}$

No lado da alta pressão a pressão de prova é $PS_{AP} \times 1,3 = PP_{AP}$

A prova de pressão deve iniciar-se pelo lado da BP por ser inferior à da AP e depois passar para o lado da AP, isolando o lado da BP.

As válvulas de segurança e de alívio de pressão ou discos de rotura devem ser retiradas do circuito para efeito da prova e montadas de novo após a prova, considerando que a pressão de prova é superior à pressão de disparo de segurança.

10.2.7 Desidratação (vácuo) de instalações frigoríficas

Uma das causas de avaria de instalações frigoríficas é a existência de humidade no circuito. Deve ser feita uma cuidadosa desidratação do circuito, por meio de bomba de vácuo, antes de carregar a instalação com o fluido e o óleo. O vácuo deve ser realizado após o teste de estanquidade com azoto, com a eliminação total das fugas localizadas onde se tenham detetado. O vácuo assegura a completa evacuação da humidade do ar e a expulsão dos gases não condensáveis e confirma a estanquidade do circuito.

A operação de vácuo deve ser realizada com uma bomba de caudal não inferior a 5 m³/h e usando um vacuómetro certificado e com a aferição periódica atualizada. A bomba deve ser ligada em 2 lados do circuito, do lado da AP e do lado da BP conforme esquema da Figura 14, de modo que o vácuo seja obtido no ponto mais distante da bomba.

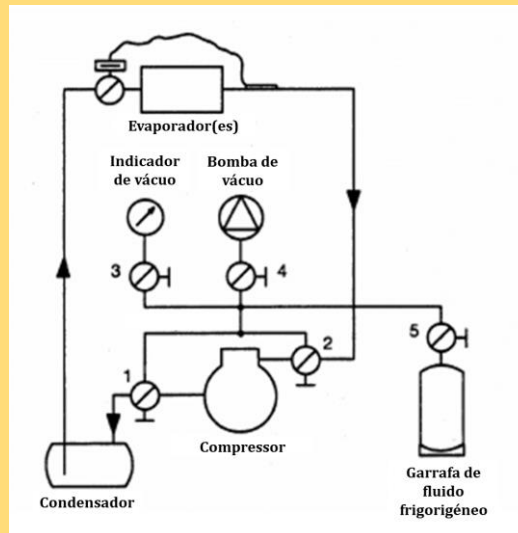


Figura 14 - Esquema da operação de vácuo

O cárter do compressor e o separador de óleo devem estar vazios de óleo antes de iniciar a operação de vácuo, pois sendo o óleo altamente higroscópico este pode estar contaminado com humidade e assim ocorrer condensação. A humidade no interior do circuito pode-se depositar por baixo da camada de óleo, dado que o óleo tem densidade relativa inferior à da água, e ficar retida sem que o vácuo a consiga remover. Por esta razão, só após o vácuo concluído se deve adicionar o óleo. O vacuómetro não deve ficar abaixo da linha de aspiração da bomba de vácuo para não dar azo à entrada de óleo e causar falsa leitura.

- Iniciar o funcionamento da bomba de vácuo e observar a descida da pressão no vacuómetro em valor absoluto iniciando em 760 mmHg = 1013 mbar. Observar também a descida do ponto de ebulição da humidade pela leitura no vacuómetro;
- Ao atingir 72 mmHg = 96 mbar pode-se parar a bomba, fechar a respetiva válvula e observar se há quebra de vácuo durante um período de 15 min. Se houver uma subida de pressão rápida pode haver uma fuga; se houver subida de pressão lenta ainda há humidade no circuito. Se o vácuo se mantiver estável e no caso de circuitos pequenos de instalações domésticas pode-se dar por concluída a desidratação, salvo recomendação em contrário do fabricante. Em instalações comerciais, industriais ou de serviços, deve-se prosseguir ao passo seguinte;
- Se não houver fugas (subida de pressão) pode-se reiniciar a bomba de vácuo e prosseguir a desidratação até atingir 5,2 mmHg = 7 mbar;
- Ao atingir este ponto de alto vácuo pode-se parar o vácuo e injetar azoto até à pressão atmosférica por um período de 30 minutos, para que haja a absorção da humidade e gases não condensáveis remanescentes.

De novo, reiniciar a bomba de vácuo até atingir 4,6 mmHg = 6,2 mbar, o que corresponde à temperatura de ebulição de 0,1 °C. Neste ponto, o vácuo está concluído e o circuito perfeitamente seco e pode iniciar-se o carregamento do óleo para o compressor e do fluido refrigerante para o circuito.

Deve-se ter especial atenção em usar uma nova embalagem de óleo, com a quantidade de acordo com o volume do compressor para evitar desperdício de óleo. A embalagem só deve ser aberta quando o óleo for carregado para o compressor, dado que os óleos sintéticos são altamente higroscópicos em contacto com o ar.

11 Revisão/ alteração de instalações

Na atual fase de procura de fluidos frigorigêneos de valor de PAG cada vez menor, estão em grande expansão os fluidos medianamente inflamáveis (grupo A2L), especialmente em novos equipamentos. Enquanto decorrer esta adaptação, com experiências bem-sucedidas com fluidos frigorigêneos naturais e outros, muitas instalações irão continuar em operação com fluidos HFC ou ainda os antigos HCFC e a necessitar de intervenções de manutenção preventiva e corretiva, por alguns anos.

Um ponto em comum e desfavorável aos HFC é que são quase todos misturas de vários fluidos frigorigêneos elementares em diferentes percentagens e pressões parciais. Isto implica que o carregamento numa instalação seja feito em fase líquida com os cuidados devidos. Por outro lado, a existência de uma fuga numa instalação, quando detetada tardiamente, geralmente implica a substituição do fluido por completo, devido à separação dos fluidos frigorigêneos elementares e consequente perda de propriedades.

Nestas premissas, entre manutenção, revisão ou alteração, importa distinguir quando se deve optar por uma substituição/ alteração ligeira ou por conversão/ alteração profunda:

11.1 Alteração ligeira (*drop-in*)

Este método é aconselhável com compressores herméticos e em instalações em fim de vida ou onde não se justifica o investimento numa reconversão profunda, geralmente mais onerosa.

As novas condições de funcionamento em termos da capacidade frigorífica, consumo elétrico e rendimentos, em resultado da operação de *drop-in*, podem ter variações de até $\pm 10\%$, e apresenta as características descritas adiante.

A operação de *drop-in* consiste em alterar apenas o fluido frigorigêneo para um de tipo *drop-in* com menor PAG, desde que seja indicado para a aplicação pretendida (de baixa, média ou alta temperatura de evaporação), indo ao encontro dos objetivos da legislação.

Por norma, é permitido usar o mesmo tipo de óleo existente seja mineral ou sintético. No entanto, quando o óleo existente é do tipo mineral podem ocorrer situações particulares desfavoráveis de não haver um retorno eficaz do óleo ao compressor, ou de ocorrer um borbulhar no óleo. Nestes casos é necessária a substituição total por um óleo sintético, devendo para isso iniciar-se essa substituição de modo parcial e progressivo e ir verificando o funcionamento até que haja um eficaz retorno de óleo ao compressor. Quando o óleo existente for um óleo sintético este será o óleo definitivo. Deve-se ter presente que, caso haja alteração do tipo de óleo, esta será sempre no sentido de mineral para sintético.

Em qualquer dos casos devem ser consultadas as recomendações do fabricante do compressor quanto à lubrificação.

Esta operação permite manter a mesma classificação de inflamabilidade e toxicidade – A1 – e permite manter a mesma válvula expansora termostática, embora sujeita a uma ligeira afinação por regulação para ter em conta o “*glide*” (deslize de temperatura) do fluido se este for uma mistura de diferentes fluidos frigorigêneos com mudança de estado a temperatura não constante. No caso de uma válvula expansora eletrónica, basta fazer a alteração de parâmetros no controlador, em função do fluido selecionado.

Permite manter a instalação sem alteração do separador de óleo, caso o tenha de origem. Os fabricantes de fluidos frigorigêneos HFC aconselham genericamente o uso de separador de óleo, mas esta necessidade depende da geometria da instalação e do tipo de aplicação. Em instalações compactas, com reduzida distância entre equipamentos, mesmo de potência relativamente elevada, a prática vai no sentido de não colocar separador de óleo.

Caso não haja alteração do tipo de óleo é possível manter os mesmos vedantes (borrachas e elastómeros) e juntas. No entanto, se houver alteração de óleo mineral para sintético e não houver alteração de vedantes e juntas, a operação de *drop-in* pode ser bem-sucedida mas terá um prazo de validade mais reduzido.

11.2 Alteração profunda (*retrofit*)

Este método é aconselhável em todos os compressores não herméticos e em instalações em bom estado de conservação nas quais se justifica o investimento numa reconversão profunda, geralmente mais onerosa, com o objetivo de prolongar a vida útil da instalação.

A operação de *retrofit* consiste na mudança de um fluido frigorífero para outro, de menor PAG (GWP) e características aproximadas ao fluido original e adequado à aplicação. Os fluidos frigoríferos de *retrofit* implicam a mudança do tipo de óleo. Caso o *retrofit* mantenha o fluido A1, ou especialmente quando passa de um fluido A1 para um A2L, deve existir um projeto de alteração de um engenheiro projetista em refrigeração que assuma a garantia com carácter de técnico responsável, tal como se tratasse de uma instalação nova.

A alteração para um fluido de *retrofit* implica um estudo termodinâmico comparativo entre o fluido existente e o novo fluido a instalar, nomeadamente a compatibilidade entre o novo fluido e o novo óleo, a compatibilidade entre vedantes, o dimensionamento das tubagens e outros componentes, dependendo da pressão de trabalho e do fluxo mássico.

Numa operação de *retrofit* o novo óleo é sempre do tipo sintético, e sendo o óleo de origem do tipo mineral, esta mudança implica geralmente mais do que uma troca de óleo até se garantir a circulação de óleo sem vestígios do antigo óleo mineral. Em cada muda de óleo deve ser analisado o teor de óleo mineral remanescente dissolvido até que este tenha um teor inferior a 5 % em volume. Por norma, são necessárias 2 ou 3 trocas de óleo, dependendo do volume da instalação e do separador de óleo.

Quando o novo fluido a utilizar tiver pressões de trabalho até ± 15 % relativamente ao anterior fluido, estas alterações são relativamente simples: a mudança do tipo de óleo, da válvula expansora termostática e da válvula eletromagnética, do filtro secador, do visor de líquido, de alguns vedantes compatíveis em simultâneo com o novo fluido e o novo óleo.

Quando o novo fluido a utilizar tiver pressões de trabalho superiores a 35% relativamente ao anterior fluido, estas alterações são mais profundas. Para além das alterações anteriores, há todo um novo projeto a refazer: o aumento dos diâmetros das tubagens, a colocação ou substituição de separador de óleo, o novo dimensionamento da válvula de segurança, a montagem de tubos flexíveis amortecedores de vibrações, o novo dimensionamento do condensador e do depósito de líquido e do motor elétrico. No que se refere aos reservatórios sob pressão, bem como aos permutadores de calor (condensadores e evaporadores), deve ser determinada a novo valor de pressão de prova, para cumprimento das disposições legais em vigor, nomeadamente o Decreto-Lei n.º 131/2019.

Finalmente, quando o novo fluido for um A2L, as transformações necessárias são ainda mais profundas e de grande responsabilidade e duvidosa viabilidade, pelo que não são aconselháveis.

12 Transporte de mercadorias perigosas

Estão apenas incluídos neste DNP Guia o transporte de mercadorias perigosas em garrafas adequadas, estando excluído o transporte a granel em contentores e cisternas, que seguem igualmente a regulamentação nacional do transporte rodoviário de mercadorias perigosas.

O transporte de fluidos frigoríferos inflamáveis integra-se na legislação europeia, transcrita para o direito nacional, do transporte de mercadorias perigosas por via terrestre, apresentando riscos de

acidentes, pelo que deve ser assegurado que tais transportes sejam realizados nas melhores condições de segurança possíveis, minimizando o risco de acidentes, bem como melhorando os níveis de qualidade daqueles transportes.

As disposições da regulamentação nacional do transporte rodoviário têm a mesma redação que as correspondentes disposições do Acordo Europeu relativo ao Transporte Internacional de Mercadorias Perigosas por Estrada (ADR).

Desta forma, são estabelecidas regras uniformes, adaptadas ao progresso técnico e científico, harmonizando as condições de transporte de mercadorias perigosas no espaço da União Europeia.

As verificações e os ensaios previstos na legislação nacional para o material de transporte destinado ao transporte de mercadorias perigosas, designadamente embalagens, cisternas, contentores, veículos e vagões, são asseguradas, consoante o caso, por organismos de certificação, organismos de inspeção, laboratórios ou centros de inspeção técnica de veículos acreditados nos termos do Sistema Português da Qualidade.

12.1 Termos e definições específicas sobre o transporte

Para efeitos da legislação nacional, entende-se por:

- a) «ADR», Acordo Europeu Relativo ao Transporte Internacional de Mercadorias Perigosas por Estrada, concluído em Genebra em 30 de setembro de 1957, e que foi aprovado para adesão pelo Decreto-Lei n.º 45935, de 19 de setembro de 1964;
- b) «Cisterna», quando utilizado isoladamente, qualquer veículo -cisterna, vagão-cisterna, cisterna desmontável, veículo -bateria, vagão -bateria, contentor para gás de elementos múltiplos (CGEM), cisterna móvel ONU, contentor-cisterna ou caixa móvel cisterna;
- c) «Garrafa», um recipiente sob pressão, transportável, com capacidade em água que não exceda 150 litros;
- d) «Gás», uma matéria que:
 - a) a 50 °C tem uma pressão de vapor superior a 300 kPa (3 bar); ou
 - b) é inteiramente gasosa a 20 °C a pressão normal de 101,3 kPa
- e) «Grupo de embalagem», para fins de embalagem, um grupo ao qual são afetadas certas matérias em função do grau de perigo que apresentam para o transporte. Os grupos de embalagem têm os seguintes significados:
 - Grupo de embalagem I: matérias muito perigosas;
 - Grupo de embalagem II: matérias medianamente perigosas;
 - Grupo de embalagem III: matérias levemente perigosas.
- f) «Mercadorias perigosas», quaisquer matérias, objetos, soluções ou misturas de matérias cujo transporte é proibido segundo o ADR ou autorizado nas condições aí previstas;
- g) «Número ONU», o número de identificação de quatro algarismos das matérias ou objetos;
- h) «Regulamento», abreviatura para «Regulamento de Transporte de Mercadorias Perigosas por Estrada», segundo Anexo I do Decreto-Lei nº 41-A/2010;

NOTA: As suas disposições têm a mesma redação que as correspondentes disposições dos anexos A e B do Acordo Europeu relativo ao Transporte Internacional de Mercadorias Perigosas por Estrada (ADR).

- i) «RID», o regulamento relativo ao transporte internacional ferroviário de mercadorias perigosas, constante do apêndice C da Convenção Relativa aos Transportes Internacionais Ferroviários (COTIF);
- j) «Transportador», a empresa que efetua o transporte com ou sem contrato de transporte;
- k) «Vagão» qualquer veículo ferroviário desprovido de meios de tração, apto a circular com as suas próprias rodas sobre vias-férreas e destinado a transportar mercadorias;
- l) «Veículo»; qualquer veículo a motor destinado a circular na via pública, tendo, pelo menos, quatro rodas e uma velocidade máxima de projeto superior a 25 km/h, bem como quaisquer reboques, à exceção dos veículos que se deslocam sobre carris, das máquinas móveis e dos tratores agrícolas e florestais, desde que não atinjam uma velocidade superior a 40 km/h ao transportarem mercadorias perigosas.

12.2 Sistema de classificação de mercadorias perigosas

Cada matéria ou objeto referido no ADR estará afeto a um número de quatro algarismos extraído de acordo com a Regulamentação Modelo das Nações Unidas, a que se dá o nome de “número ONU” ou “Nº ONU” (UN).

As mercadorias perigosas são agrupadas em classes, de acordo com o estado físico e os riscos apresentados, e sub-agrupadas em função do grau de perigosidade para o transporte, a que na maioria dos casos corresponde o grupo de embalagem. Os gases, em que se incluem os fluidos frigoríficos, pertencem à Classe 2.

Existe uma listagem de mercadorias perigosas, ordenadas de forma crescente por Nº ONU, e é partindo dessa lista (designada por Quadro A), e com base no Nº ONU, classe de perigo e grau de perigosidade, que se estabelecem as prescrições particulares e especiais relativas ao acondicionamento, expedição, carregamento, movimentação, transporte e operação, envolvendo mercadorias consideradas como perigosas à luz destes regulamentos.

No entanto, existe um quadro auxiliar (Quadro B) que possibilita uma procura por ordem alfabética e que permite encontrar o respetivo Nº ONU, que é a chave de entrada no Quadro A.

As prescrições encontram-se indexadas por códigos nas células do Quadro A, cujos conteúdos específicos poderão ser encontrados na Parte 1 a 9, Capítulo, Secção ou Subsecção indicada no cabeçalho da respetiva coluna.

12.3 Transporte de fluidos frigoríficos inflamáveis

12.3.1 Condições gerais de transporte

A legislação relativa às operações de transporte de mercadorias perigosas, inclui as operações de carga e de descarga, as transferências de uma unidade de transporte para outra unidade de transporte e as paragens exigidas pelas condições do transporte, realizadas nas vias do domínio público, excluindo -se as operações realizadas unicamente dentro do perímetro de uma ou várias empresas sem utilização de vias abertas ao trânsito público.

As mercadorias perigosas são acompanhadas pelo devido documento de transporte com a indicação da sua correta classificação, no que se refere ao número ONU, à designação oficial de transporte da mercadoria perigosa transportada, bem como no que se refere à rotulagem, ao código de classificação e ao grupo de embalagem, utilizando embalagens aprovadas, adequadas à matéria transportada, evidenciando a respetiva marcação de aprovação e sem deterioração grave, e respeitar as taxas máximas de enchimento das embalagens.

São obrigações do expedidor:

- a) Classificar corretamente as mercadorias perigosas e emitir o respetivo documento de transporte;
- b) Preencher de forma correta o documento de transporte, no que se refere a:
 - Número ONU, precedido das iniciais UN e da designação oficial de transporte da mercadoria perigosa transportada, de acordo com 3.1.2 do Decreto-Lei n.º 41-A/2010 (p. ex. UN 3252 difluormetano (fluido frigorífero R32));
 - Etiqueta de perigo principal e outras etiquetas exigidas entre parênteses;
 - Grupo de embalagem, se aplicável;
 - Número e tipo de embalagens;
 - Quantidade total de mercadorias perigosas de cada n.º ONU;
 - Se for o caso, o código de restrição em túneis que figura na coluna (15) do Quadro A do Capítulo 3.2, em maiúsculas e entre parênteses.
- c) Utilizar garrafas aprovadas, adequadas à matéria transportada, evidenciando respetiva marcação de aprovação e sem deterioração grave, e respeitar as taxas máximas de enchimento de 80% do volume da garrafa;
- d) Cumprir as prescrições sobre a identificação e rotulagem das garrafas e equipamentos;

São obrigações do transportador de matérias perigosas, tendo em conta as respetivas exceções previstas na regulamentação, essencialmente as seguintes:

- a) Utilizar apenas veículos que cumpram as condições técnicas exigidas para o transporte em causa;
- b) Fornecer instruções escritas (fichas de segurança) aos membros da tripulação do veículo, antes do início da viagem numa língua que cada um possa ler e entender;
- c) Realizar o transporte em garrafas nas devidas condições de segurança, que não apresentem fugas da matéria transportada, bem como realizar o transporte com os equipamentos e acessórios adequados e sem deterioração grave;
- d) Garantir a existência dos extintores adequados correspondentes ao veículo ou à carga, operacionais, e dentro da respetiva validade;
- e) Garantir a existência dos equipamentos de proteção geral e individual do veículo e da sua tripulação, aplicáveis de acordo com as instruções escritas para o efeito (fichas de segurança);
- f) Constitui obrigação de qualquer pessoa, interveniente ou não no transporte, abster-se de fumar e produzir chamas ou faíscas durante a carga, a descarga ou qualquer manuseamento ou movimentação de mercadorias perigosas.

12.3.2 Transporte abaixo dos limites de isenção por veículo de transporte

No que se refere ao transporte de garrafas de fluido em quantidades abaixo dos limites de isenção, interessa salientar o seguinte:

- a) Se transportar apenas algumas garrafas, não é necessária qualquer formação do condutor;
- b) O “limite de isenção” até ao qual isto é possível depende do tipo de fluido;
- c) A quantidade total para cada unidade de transporte (veículo + quaisquer atrelados) não deverá exceder o número 1 000 (denominados “pontos ADR”). Contudo, poderá considerar a seguinte regra

geral: - Está sempre abaixo do limite de isenção se transportar até cinco garrafas grandes (garrafas de cerca de 60 kg de fluido);

- d) Ao transporte efetuado por empresas, mas acessoriamente a sua atividade principal, tal como para aprovisionamento de estaleiros de construção ou de engenharia civil ou para os trajetos de retorno a partir desses estaleiros, ou para trabalhos de medição, de reparação ou de manutenção, em quantidades que não ultrapassem as quantidades máximas totais especificadas em 1.1.3.6. do Regulamento;

NOTA: Como a quantidade máxima transportável depende do tipo de gás, temos que, para os fluidos frigorigéneos inflamáveis, o respetivo cálculo é obtido do seguinte modo, segundo o Regulamento:

- 1.º Considerar a categoria de transporte, segundo a coluna (15) do Quadro A em 3.1.2 do Regulamento – Categoria de transporte - 2 para os fluidos frigorigéneos inflamáveis;
- 2.º Considerar a Classe de transporte do fluido, segundo a coluna (3a) – Classe 2 para os gases em geral;
- 3.º Considerar o grupo em função das propriedades perigosas do fluido, no caso do grupo F de inflamável.

EXEMPLO: Fluidos frigorigéneos inflamáveis R32 e HFO 1234yf:

- Código de classificação de transporte: 2F;

- Ver Quadro 1.1.3.6.3 do Regulamento;

- Quantidade máxima por veículo de transporte: 333 kg.

NOTA 1 à Secção: Entende-se por “Quantidade máxima por veículo de transporte” como a massa líquida em quilogramas.

NOTA 2 à Secção: Para as garrafas, cujo peso de fluido corresponde a cerca de 60 kg por garrafa, o nº máximo de garrafas é de 5 garrafas.

NOTA 3 à Secção: O documento de transporte terá de ter a indicação: “Transporte de produto da Classe 2, 2F, que não ultrapassa os limites de isenção prescritos no 1.1.3.6”.

NOTA 4 à Secção: Instruções de embalagem – P200 – Quadro 2 do Regulamento.

- e) Se o transporte não for realizado por um privado ou para um local de construção, é necessário um extintor de 2 kg.

12.4 Veículo de transporte de mercadorias perigosas

A regulamentação aplicável não exige a aprovação dos veículos que transportam fluidos frigorigéneos inflamáveis como o gás butano ou propano em garrafas. Em contrapartida, os veículos-cisternas que transportam butano e propano carecem de uma certificação ADR.

Apesar da regulamentação não obrigar à aprovação das carrinhas de transporte de fluidos frigorigéneos, mesmo dos fluidos frigorigéneos inflamáveis, dentro dos limites de isenção, aconselha-se o uso de uma viatura de caixa aberta, ou então, se for uma carrinha fechada, deverá garantir-se uma ventilação adequada, conforme mostra a [Figura 15](#). No caso das viaturas sem ventilação, aconselha-se a afixação de um letreiro bem visível, com um tamanho mínimo de letra de 25 mm com a indicação de “ATENÇÃO, VEÍCULO COM COMPARTIMENTO SEM VENTILAÇÃO, ABRIR A PORTA COM CUIDADO”.

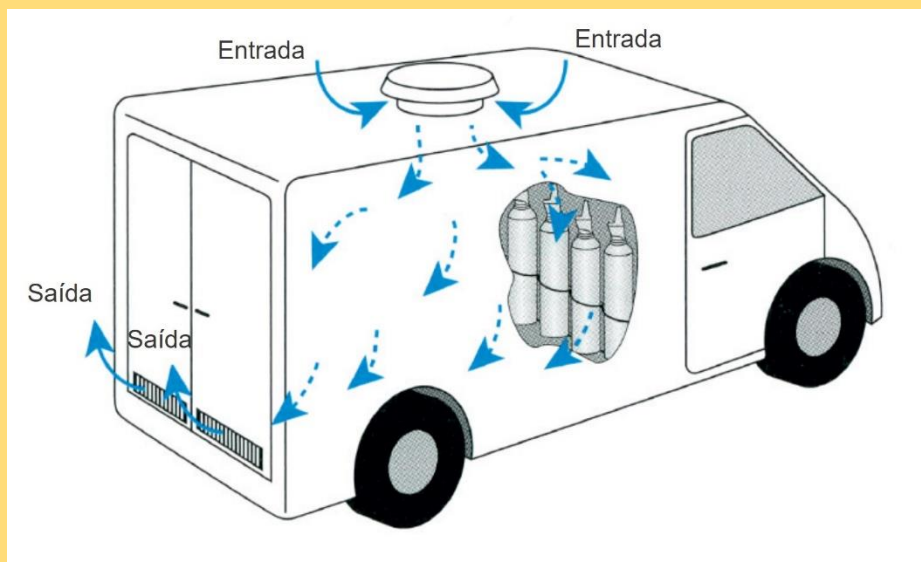


Figura 15 – Sistema de ventilação recomendado para carrinhas de transporte de fluidos refrigerantes inflamáveis

Podem também transportar resíduos de fluidos refrigerantes para destruição, sem carecer de licença específica como transportador, dando-se, para esse efeito, como “detentor”, com obrigatoriedade de emissão de e-GAR (Guia eletrónica de acompanhamento de resíduos), quando o resíduo for entregue no Operador de Gestão de Resíduos.

A viatura da empresa ao transportar as garrafas de fluidos refrigerantes deve viajar com:

1. Um documento de transporte, emitido de acordo com a legislação específica, relativo ao fluido adquirido, ou usado;
2. Uma Ficha de Segurança do fabricante por cada fluido transportado;
3. Garrafa devidamente acondicionada e segura, em posição vertical;
4. Garrafa devidamente rotulada e dentro do prazo de validade;
5. Carga até à quantidade permitida (ver [Secção 12.3.2](#));
6. Garantir a existência de extintores adequados correspondentes ao veículo ou à carga, operacionais, e dentro da respetiva validade;
7. EPI como óculos e luvas adequados de proteção contra projeção de líquidos a baixa temperatura;

NOTA: Proibido fumar e produzir chamas durante as manobras de carga e descarga, e de acesso ao compartimento de carga.

12.5 Garrafas destinadas a fluidos refrigerantes inflamáveis

As garrafas para fluidos refrigerantes inflamáveis devem cumprir as seguintes especificações:

- As garrafas estão equipadas com válvula dupla com sifão, que permite retirar o produto na fase líquida.
- Garrafa com corpo branco (RAL 9010) e “ogiva” vermelho (RAL 3 000), com etiqueta indicativa do produto.
- Teste de pressão mínima: 42 bar.

- Válvula da garrafa: rosca macho W 21,8 x 1/14“esquerda (DIN 477-1), conforme [Figura 10](#).

Os fluidos frigorigéneos inflamáveis são acompanhadas pelo devido documento de transporte com a indicação da sua correta classificação, no que se refere ao número ONU, à designação oficial de transporte da mercadoria perigosa transportada, bem como no que se refere à rotulagem, ao código de classificação e ao grupo de embalagem, utilizando embalagens aprovadas, adequadas à matéria transportada, evidenciando a respetiva marcação de aprovação e sem deterioração grave, e respeitar as taxas máximas de enchimento das embalagens.

Exemplos:

Garrafa de R32:

- PAG = 675
- Classificação de transporte/ADR: Classe 2.1, 2º F
- N.º ONU: UN3252

Garrafa de R290:

- PAG = 3
- Classificação de transporte/ADR: Classe 2, 2º F
- N.º ONU: UN1978

Garrafa de R600 – Butano:

- PAG = 3
- Classificação de transporte/ADR: Classe 2, 2º F
- N.º ONU: UN1011

Garrafa de R600a – Isobutano:

- PAG = 3
- Classificação de transporte/ADR: Classe 2, 2º F
- N.º ONU: UN1969

12.5.1 Especificações das garrafas

As garrafas para fluidos frigorigéneos inflamáveis devem cumprir ainda as seguintes especificações:

- Os fluidos frigorigéneos naturais podem ser transferidos tanto na fase líquida como na fase gasosa.
- Seguir o Regulamento (CE) n.º 1272/2008 relativo à classificação, rotulagem e embalagem de substâncias e misturas.

Relativamente à rotulagem das garrafas transportáveis para gases, cuja capacidade medida com água seja igual ou inferior a 150 litros:

- a) Formato e dimensões de acordo com os requisitos da atual edição da norma ISO 7225, relativa a «Garrafas para gases – Rótulos indicadores de precaução». Neste caso, o rótulo pode ostentar a designação genérica ou a designação industrial ou comercial da substância na mistura, desde que as substâncias perigosas que compõem a mistura sejam apresentadas no corpo da garrafa de gás de forma clara e indelével;

- b) As informações especificadas no artigo 17.º do regulamento são fornecidas num disco de informação ou num rótulo duradouros fixados às garrafas.

Contém gases fluorados com efeito de estufa


PERIGO

H221 Gás inflamável.
H280 Contém gás sob pressão; risco de explosão sob a ação do calor.

R32
UN 3252
PAG 675

Difluorometano HFC-32
 CH_2F_2
N.º CAS 75-10-5

FORNECEDOR:
Designação:
Morada:
Telefone:
Email:



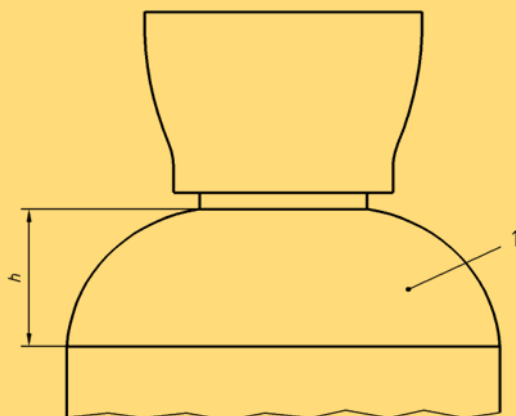
P210 Manter afastado do calor, superfícies quentes, faísca, chama aberta e outras fontes de ignição. Não fumar.
P377 Incêndio por fuga de gás: não apagar, a menos que se possa deter a fuga em segurança.
P381 Em caso de fuga, eliminar todas as fontes de ignição.
P410 Manter ao abrigo da luz solar.
P403 Armazenar em local bem ventilado.

ADR 2.1

PESO 9 kg
6,1 ton CO₂ eq

Figura 16 – Exemplo de rótulo do fluido frigorígeno inflamável – R32

Para conhecimento da cor de identificação das garrafas e respetiva localização devem ser seguidas as indicações da EN 1089-3, que especifica a zona de aplicação da cor identificativa dos gases/fluidos frigorígenos contidos nos vasilhames.

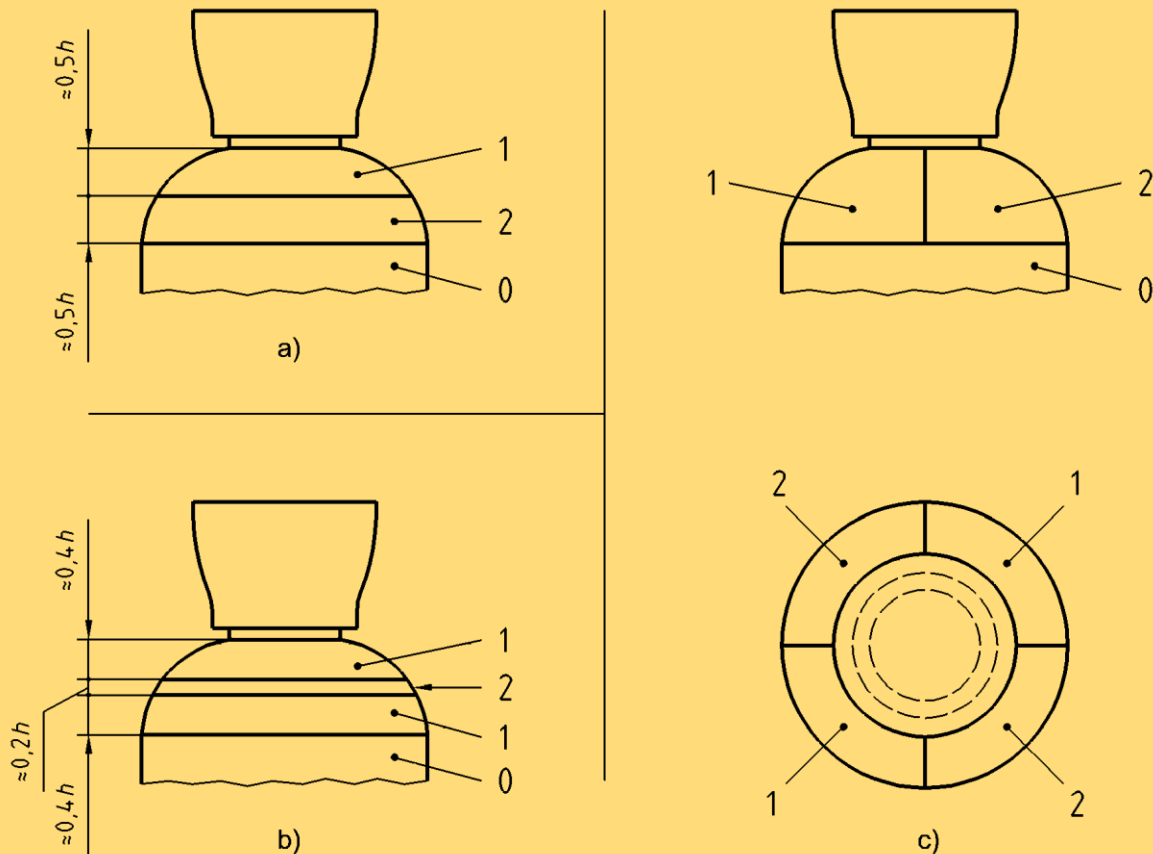


Legenda:

1 cor

h altura da “ogiva” da garrafa

Figura 17 – Código de cores com uma única cor (fonte: EN 1089-3)



Legenda:

- 0 cor do corpo da garrafa
- 1 cor n.º 1
- 2 cor n.º 2

Figura 18 - Escolha da disposição do código de cores com duas cores (fonte: EN 1089-3)

A cor n.º 2 da configuração a) da [Figura 18](#) não deve ser a mesma que a cor do corpo da garrafa. Para evitar essa situação, é permitido trocar a cor n.º 1 pela cor n.º 2. As configurações b) ou c) da [Figura 18](#) também podem ser utilizadas.

NOTA: A largura da banda não indica a quantidade de gás.

A configuração em quadrantes [configuração c) da [Figura 18](#)] só deve ser utilizada para ar respirável.

12.5.2 Recomendações

Algumas recomendações para o manuseamento das garrafas de fluidos frigorigéneos inflamáveis:

1. Abrir e fechar manualmente a(s) válvula(s) da garrafa. Nunca usar uma ferramenta auxiliar para o efeito.
2. Ao abrir a válvula da garrafa, operar com suavidade na abertura. Nunca abrir repentinamente com abertura excessiva.

3. As garrafas de fluido frigoriféneo inflamável não necessitam de regulador de pressão
4. Não abrir a válvula da garrafa para verificar a pressão. Deve-se utilizar uma mangueira e um manómetro adequado para o efeito.
5. Confirmar sempre o tipo de fluido frigoriféneo que vai utilizar e se é adequado para o fim a que se destina.
6. Para o transporte e armazenagem consultar os respetivos capítulos.
7. Ao carregar uma garrafa de fluido frigoriféneo inflamável (regra para todos os fluidos frigoriféneos), não exceder 80 % em líquido do volume interno da garrafa.
8. Quanto aos gases considerados perfeitos, como o R32 e o R290, podem ser transferidos tanto na fase líquida como na fase gasosa.
9. Verificar o período e validade para utilização da garrafa de gás, que é de 10 anos após a data da verificação anterior pelo fornecedor da garrafa, aposta no bojo da garrafa.

NOTA: Nas garrafas descartáveis a data de validade encontra-se por vezes inscrita na base da garrafa. Porém, salienta-se que estas garrafas descartáveis são proibidas, todas as garrafas de fluido frigoriféneo têm de ser recarregáveis.

13 Armazenagem

Relativamente à armazenagem de fluidos frigoriféneos inflamáveis, existem regras que se devem observar relativamente à segurança do confinamento das garrafas de fluido e, também, quanto à segurança das pessoas nos espaços de armazenagem e de utilização dos sistemas.

A legislação nacional aplicável à segurança das pessoas está disposta no Decreto-Lei n.º 236/2003 (ver [Secção 6.2.1](#)), no qual se estabelecem as medidas de salvaguarda da segurança e saúde dos trabalhadores que estejam sujeitos à exposição e consequentes riscos derivados de atmosferas tóxicas e explosivas.

A utilização de fluidos frigoriféneos inflamáveis requer uma análise, ponderação e adequação de alguns aspetos:

- Risco de segurança para o pessoal no seu manuseamento, que pode originar intoxicação, em caso de inalação;
- Risco de segurança para o utilizador, em espaços confinados, também pela razão anterior;
- Risco de incêndio ou de explosão, devido à inflamabilidade, derivado de uma fuga de fluido nas proximidades de uma fonte de ignição (p. ex. faísca derivada de um curto-circuito elétrico, descargas electroestáticas na atuação de dispositivos com função de ligar/desligar que possam gerar faíscas);
- Os técnicos devem utilizar EPI adequados, para além dos que as normas de segurança obrigam, neste caso deve acrescentar-se, nomeadamente, o calçado anti estático;
- Necessidade de formação dos técnicos em atmosferas ATEX;
- Cumprimento do art.º 8.º do Decreto-Lei n.º 236/2003 (ver [Secção 6.2.1](#)).

Relativamente às regras de segurança quanto às condições construtivas e de proteção contra incêndios nos espaços de armazenagem de fluidos frigoriféneos inflamáveis, ainda se deve ter em conta o Decreto-Lei n.º 220/2008 (na sua atual redação), que estabelece o regime jurídico de segurança contra incêndios em edifícios, qualquer que seja a utilização e respetiva envolvente.

Este Decreto-Lei previu a edição do respetivo Regulamento Técnico de Segurança Contra Incêndios em Edifícios (SCIE), conforme disposto na Portaria n.º 1532/2008 (na sua atual redação), que determina não só as características construtivas, bem como de acessibilidade em caso de socorro, como de ventilação. Segundo o art.º 5.º compete à Autoridade Nacional de Emergência e Proteção Civil (ANEPC) assegurar o cumprimento do regime de segurança contra incêndios em edifícios.

Especial importância tem o disposto no n.º 6 do art.º 303.º e nos n.º 2 e n.º 3 do art.º 305.º, da citada Portaria n.º 1532/2008, quanto à armazenagem de substâncias suscetíveis de formar misturas explosivas em caso de fuga, como é o caso de gases inflamáveis, com alguns cuidados a observar, nomeadamente:

- A armazenagem de recipientes de gás comprimido, nomeadamente garrafas e cartuchos, cheios ou vazios, só é permitida em recintos de acesso restrito garantindo, no mínimo:
 - Em edifícios de uso exclusivo, paredes envolventes resistentes ao fogo EI ou REI 120 (Euroclasse de resistência) e cobertura ligeira, sem exigências de resistência ao fogo;
 - Em recintos ao ar livre, vedação descontínua, do tipo rede ou outra, eventualmente com uma cobertura ligeira, sem exigências de resistência ao fogo;
 - Em recintos ao ar livre, vedação contínua, tipo muro de alvenaria ou outra, satisfazendo as condições de ventilação constantes do presente regulamento.
- Todos os espaços destinados a armazenamento de gás, nas condições da alínea a) do n.º 6 do art.º 303.º, devem ser dotados exclusivamente de ventilação natural, sendo as respetivas aberturas localizadas nos pontos mais altos da cobertura e junto ao pavimento, dimensionadas à razão de 2 m² por cada 10 m de perímetro do recinto, devidamente protegidas por rede tapa-chamas e cumprindo ainda o disposto nas alíneas a) e b) do número anterior.
- Todos os espaços destinados a armazenamento de gás nas condições da alínea c) do n.º 6 do art.º 303.º, devem ser ventilados junto ao pavimento, cumprindo as condições de dimensionamento e proteção das aberturas referidas no número anterior.
- A altura máxima de qualquer pilha de recipientes de gás para armazenagem, nas condições impostas neste regulamento, deve ser:
 - a) De 1,6 m no caso de recipientes não paletizados, correspondendo a cinco recipientes de 12 dm³ cada, três de 26 dm³ cada ou um de 112 dm³;
 - b) A correspondente a quatro grades sobrepostas, no caso de recipientes paletizados.
- A armazenagem dos recipientes só é permitida com estes na vertical, com a válvula de manobra para cima e permanentemente acessível, independentemente da localização do recipiente no empilhamento.

Finalmente, a avaliação dos riscos de segurança e condições de armazenagem deve ser feita por um técnico certificado em Segurança e Higiene no Trabalho.

Anexo A

(informativo)

Requisitos de formação dos técnicos

Os técnicos de refrigeração, ar condicionado e bombas de calor devem estar bem preparados e ter as devidas competências para o manuseamento de fluidos frigorigéneos inflamáveis para que o risco de inflamabilidade seja tratado com segurança.

Esses técnicos precisam ser formados e/ou qualificados nos procedimentos corretos e seguros para o projeto, instalação e manutenção dos novos sistemas frigoríficos que atualmente funcionam à base de fluidos frigorigéneos inflamáveis.

De seguida apresentam-se os necessários requisitos:

1. Deve-se conhecer a tabela de classificação de segurança atual e principais características dos fluidos frigorigéneos inflamáveis, essencialmente correspondentes a estas famílias:
 - HFC: Gases fluorados inflamáveis (p. ex. R32);
 - HFO: Hidrofluoro olefinas (p. ex. R1234yf e R1234ze);
 - HC: Hidrocarbonetos (p. ex. R290, R600, R600a e R1270);
 - Outros fluidos frigorigéneos inflamáveis, que venham a surgir no mercado.
2. A norma de NP EN 378-1 deve ser conhecida, consultada e analisada de forma a poder ser aplicada em casos concretos, de acordo com a localização e acessos, tipo de sistema e o tipo e carga de fluido.
3. Devem-se conhecer os equipamentos mais indicados para trabalhar em segurança com estes fluidos frigorigéneos, eles devem ser tipo ATEX, para não provocarem ignições ou faíscas.
4. A sinalética e a colocação de extintores devem ser utilizadas permanentemente e também em situações de assistência e reparação. A prevenção de riscos deve ser adequada a cada caso.
5. As reparações, instalações e outros trabalhos requerem atenção especial em termos de procedimentos necessários.
6. Para uma boa organização de trabalho, deve-se fazer uma listagem prévia dos pontos a ter em conta para evitar problemas de segurança em caso de fuga de fluido da instalação.
7. O conhecimento da legislação e das normas nesta área, são fundamentais para poder transportar e manusear os fluidos frigorigéneos em segurança. Devem-se conhecer os limites das cargas que obriguem a transportes especiais.
8. A duração mínima da formação (8h) tem por base, que os técnicos estão ativos e têm bem presentes as bases de formação da certificação em fluidos frigorigéneos fluorados, caso contrário a formação deverá ser mais extensa. A formação prática deverá ser essencialmente virada para a simulação de casos de instalações reais.

Anexo B (informativo)

Verificações no pré-comissionamento de uma instalação

Os especialistas de comissionamento têm a necessidade de realizar uma verificação geral dos vários aspetos que caracterizam uma instalação. Apresentam-se de seguida alguns dos pontos que devem ser verificados de forma a garantir a correta e segura entrada em funcionamento da instalação.

B.1 Deve ser estabelecida uma correspondência entre a instalação real e os requisitos das regras de segurança. Em particular, os seguintes aspetos devem ser verificados:

- Evitar conexões mecânicas, quando especificado;
- A tubagem passa apenas por áreas permitidas, em conformidade com as regras relevantes;
- É garantida proteção adequada contra danos externos, corrosão ou adulteração;
- A massa carregada de fluido frigorígeno está dentro dos limites de tamanho de carga permitidos, especialmente considerando equipamentos posicionados abaixo do nível do solo;
- As peças que contêm fluido frigorígeno são posicionadas apenas em locais permitidos;
- A inclusão de todos os dispositivos de segurança de pressão, indicadores de pressão, indicador de nível, etc., estão incluídos como necessário;
- As regras para possíveis fontes de ignição são respeitadas;
- Consideração especial é dada aos sistemas localizados fora e onde o vazamento de fluido frigorígeno pode fluir;
- Quaisquer salas de máquinas ou gabinetes de equipamentos são construídos conforme necessário;
- Todas as instruções e manuais relevantes estão em vigor e contêm as informações necessárias e orientação.

B.2 As seguintes verificações devem ser realizadas após a instalação:

- A tubagem está completa e segura;
- As válvulas são fornecidas conforme especificado e equipadas com tampas herméticas;
- Todas as conexões flangeadas estão alinhadas corretamente, com as juntas corretas no lugar;
- Os tubos capilares devem estar livres de danos e distorção;
- São fornecidas conexões de purga, carregamento e bombeamento;
- Os dispositivos de segurança estão montados, pressostatos de baixa pressão, pressostato de alta pressão e pressão do óleo (quando instalado) e termostato de baixa temperatura para água gelada e válvulas solenoides de linha de líquido para proteção da linha;
- Arranjos de controlo automático fornecidos, válvulas solenoides equipadas com bobinas no lugar;
- Indicadores de nível de líquido;

- Os manómetros de aspiração, descarga e pressão do óleo ou leitura digital estão instalados para leitura de pressão;
- As válvulas de alívio são dimensionadas corretamente e ventiladas para um local seguro;
- Conexões flexíveis de fluido frigorigéneo são verificadas quanto a tensão e atrito.

B.3 As seguintes verificações no equipamento elétrico devem ser realizadas após a instalação. Observe que, para todos os equipamentos que fazem parte integrante da instalação de refrigeração, essa verificação inicialmente seria de responsabilidade do fabricante.

Com todas as fontes elétricas isoladas, execute o seguinte:

- Todos os terminais elétricos são seguros e apertados;
- O painel de controle para verificar se está livre de materiais estranhos (fios, lascas de metal etc.) e limpar se necessário;
- Verifique se os principais cabos de alimentação de entrada estão corretamente ligados;
- Verifique se o terminal-terra da instalação está corretamente ligado a um ponto de aterramento adequado, e garantir que todas as conexões de aterramento internas estejam firmes;
- Verifique se os disparos remotos de sobrecarga estão definidos corretamente para os motores do compressor e da bomba de óleo;
- Defina o dispositivo de limitação de carga atual (quando fornecido) para permitir a operação com 100% de carga sem disparar;
- Verifique se os encravamentos mecânicos não foram violados durante o período de configuração;
- Toda a vedação dos componentes elétricos não está danificada.

Com as fontes elétricas energizadas, execute o seguinte:

- Verifique se a tensão declarada está disponível em todas as fases de alimentação;
- Quando apropriado, verifique se os interruptores de segurança retiram a energia do sistema;
- Nos casos em que a potência do motor é de partida de tensão substancial ou reduzida ou de encravamentos complexos, a lógica do circuito de controlo e a operação de partida deve ser testada antes da rotação do motor (por exemplo, atrasos associados ao motor de partida);
- Além da operação de partida do compressor, garanta uma operação satisfatória de quaisquer controlos, por exemplo uma válvula solenoide de linha de líquido, aquecedor elétrico no controlo de falha de óleo;
- Verifique se a operação limpa de todos os contactores, relés e encravamentos.

B.4 Certas verificações operacionais devem ser realizadas da seguinte forma:

- Para dispositivos de segurança e controlos automáticos, verifique as configurações e simule a atuação de todos os dispositivos de segurança. Dispositivos e controlos automáticos para instalações auxiliares que servem sistemas de refrigeração para garantir a correto funcionamento;
- Operação dos ventiladores e que eles estão atingindo vazão mínima ao longo das condutas;
- Sistemas de deteção de fugas, ativação automática de alarmes, procedimentos de corte e início de exaustão de ventilação e assim por diante.

Anexo C (informativo)

Tarefas de manutenção preventiva

Atenção: Lembramos mais uma vez, que para as intervenções em equipamentos que contenham fluidos frigoríficos de classificação A2L, A2, B2L, B2, A3 ou B3, antes de iniciar qualquer intervenção, deverá ser verificada e validada, respetivamente, a adequabilidade das ferramentas para efetuar a intervenção bem como o bom estado das mesmas. Também antes de iniciar qualquer intervenção deve ser validado o espaço, compreendidas as normas e regras de segurança da instalação por forma a adaptar e ajustar a intervenção às exigências evidenciadas pelos responsáveis de cada instalação.

As intervenções de manutenção preventiva devem realizar-se por um técnico especializado, durante as quais serão realizados os trabalhos descritos no plano de trabalhos:

C.1 Verificação de compressores:

- Compressor parafuso
 - Manobra de segurança de alta, baixa e óleo;
 - Níveis de óleo. Adicionar se necessário;
 - Análise do estado do óleo;
 - Verificar pressões e temperaturas de funcionamento;
 - Verificar calibração dos transdutores;
 - Verificar o correto funcionamento dos solenoides das capacidades do compressor;
 - Verificar sequência elétrica de arranque;
 - Verificação de possíveis perdas na gaveta de capacidade;
 - Verificar a vedação do buçim;
 - Consumos elétricos;
 - Comprovação do nível de vibrações;
 - Verificar estado do filtro de óleo;
 - Verificar estado do filtro de aspiração;
 - Verificar funcionamento da resistência de cárter;
 - Lubrificação de motores elétricos;
 - Verificar histórico de alarmes e horas de funcionamento no sistema de registo.
- Compressor Alternativo
 - Verificar pressões e temperaturas de funcionamento;
 - Consumos elétricos;
 - Verificar estado do filtro de óleo;
 - Inspeção visual ao estado do óleo;

- Verificar estado do filtro de aspiração;
- Verificar sequência elétrica de arranque regulação de capacidades;
- Verificar o retorno de óleo no separador;
- Verificar histórico de alarmes e horas de funcionamento no sistema de registo.

NOTA: As substituições de óleo e manutenção preventiva corretiva nas unidades de compressão realizam-se de acordo com as indicações do fabricante e sempre em função do estado do mesmo.

C.2 Verificação de arrefecedores de óleo:

- Verificar temperaturas de funcionamento;
- Purga de óleo em caso de necessidade (identificação do resíduo);
- Validação visual das válvulas de segurança.

C.3 Motor elétrico

- Verificar temperaturas de funcionamento;
- Verificar nível de vibrações (compressores do tipo parafuso);
- Verificar consumos elétricos;
- Verificar frequência de lubrificação. Lubrificar se necessário;
- Inspeção visual ao estado do acoplamento, pernos e porcas.

C.4 Reservatórios de líquido

- Verificar o nível de funcionamento;
- Verificar o sistema de purga de óleo (reservatórios de NH₃. Identificação do resíduo);
- Validação visual das válvulas de segurança.

C.5 Condensador evaporativo

- Verificar os controladores de funcionamento;
- Verificar possíveis vibrações e desequilíbrios nos ventiladores;
- Verificar a tensão e estado das correias;
- Verificar frequência de lubrificação. Lubrificar se necessário;
- Verificar consumos elétricos;
- Observar o correto funcionamento dos pulverizadores de água;
- Inspeção visual às serpentinas;
- Verificar diferencial entre a temperatura de condensação e o bolbo húmido;
- Verificar a presença de fluido frigorígeno ou óleo na água do reservatório;
- Verificação visual do separador de gotas.

C.6 Condensador de ar

- Verificar os controladores de funcionamento;

- Verificar possíveis vibrações e desequilíbrios nos ventiladores;
- Verificar estado de limpeza da bateria;
- Verificar consumos elétricos;
- Verificar diferencial entre a temperatura de condensação e o bolbo seco.

C.7 Condensador multitubular

- Verificar os controladores de funcionamento;
- Inspeção visual às tubuladuras;
- Verificar Δt entre as temperaturas de condensação de água (entrada-saída e bolbo húmido);
- Inspeccionar a presença de fluido frigorigéneo na água de arrefecimento;
- Validação visual das válvulas de segurança.

C.8 Bombas de NH₃

- Verificar as seguranças;
- Verificar a pressão de funcionamento;
- Inspeção de possíveis fugas;
- Verificar consumo elétrico.

C.9 Separadores intermédios

- Verificar o funcionamento dos controlos de nível e alimentação de fluido frigorigéneo ao mesmo;
- Verificar nível de líquido;
- Purga de óleo (Identificação do resíduo);
- Validação visual das válvulas de segurança.

C.10 Permutadores

- Verificar os controlos de funcionamento;
- Inspeção visual das placas;
- Verificar diferencial entre as temperaturas de entrada e de saída;
- Verificar a presença de fluido frigorigéneo no circuito secundário;
- Verificar perda de carga no circuito secundário;
- Validação visual das válvulas de segurança.

C.11 Glicol

- Verificar níveis;
- Verificar concentração;
- Verificar existência de fluido frigorigéneo e estado dos inibidores.

C.12 Evaporadores de câmara, salas e túneis

- Verificar a correta temperatura de funcionamento;
- Inspeção visual das baterias, verificando:
 - Acumulação de gelo;
 - Funcionamento dos ventiladores, ruídos, desequilíbrios. Medição de consumos;
 - Verificar diferencial entre temperaturas da câmara e evaporação.
- Esgotos. Acumulação de gelo. Verificar o correto funcionamento da resistência;
- Verificar ciclos de descongelação e a sequência dos mesmos;
- Verificar registo de temperaturas.

C.13 Purgador automático

- Verificar o correto funcionamento;
- Verificar que o líquido do depósito de purga é registado como resíduo;
- Verificação do nível de saturação de R717 na água;
- Verificar a adequação do reservatório de purga;
- Verificação da frequência das trocas de água por parte do Dono da instalação.

C.14 Quadro elétrico

- Inspeção visual ao estado dos bornes. Termografia;
- Verificar a correta regulação dos térmicos dos compressores, bombas, ventiladores, etc.
- Variadores de velocidade:
 - Verificar o estado do filtro;
 - Verificar o estado das placas;
 - Verificar a sequência de arranque.

C.15 Isolamento

- Verificar os apoios das tubagens, formação de gelo e condensações frequentes nas tubagens e equipamentos isolados;
- Verificar a aparência externa do isolamento.

C.16 Equipamentos de segurança

- Verificar a existência e funcionamento dos dispositivos de segurança na sala de máquinas e câmaras de temperatura negativa;
- Ensaio e ajuste das válvulas de segurança (anual);
- Verificação metrológica dos manómetros dos Equipamentos Sob Pressão (anual).

Bibliografia

- [1] NP EN 378-1 *Sistemas frigoríficos e bombas de calor – Requisitos de segurança e proteção ambiental – Parte 1: Requisitos básicos, definições, classificação e critérios de escolha*
- [2] NP EN 378-2 *Sistemas frigoríficos e bombas de calor – Requisitos de segurança e proteção ambiental – Parte 2: Projeto, construção, ensaios, marcação e documentação*
- [3] NP EN 378-3 *Sistemas frigoríficos e bombas de calor – Requisitos de segurança e proteção ambiental – Parte 3: Instalação no local e proteção das pessoas*
- [4] NP EN 378-4 *Sistemas frigoríficos e bombas de calor – Requisitos de segurança e proteção ambiental – Parte 4: Funcionamento, manutenção, reparação e recuperação*
- [5] DNP Guia 4:2016 *Deteção de fugas em instalações frigoríficas*
- [6] DNP Guia 5:2016 *Identificação de tubagens de fluidos em instalações frigoríficas*
- [7] EN 1127-1 *Explosive atmospheres – Explosion prevention and protection – Part 1: Basic concepts and methodology*
- [8] IEC 60079 *Explosive atmospheres*
- [9] EN 1089-3 *Transportable gas cylinders – Gas cylinder identification (excluding LPG) – Part 3: Colour coding*
- [10] EN ISO 7225 *Gas cylinders – Precautionary labels (ISO 7225:2005)*
Regulamento (CE) n.º 842/2006, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 17 de maio de 2006, relativo a determinados gases fluorados com efeito de estufa
- [11] *Decreto-Lei n.º 145/2017, assegura a execução, na ordem jurídica nacional, do Regulamento (UE) n.º 517/2014, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 16 de abril de 2014, relativo aos gases fluorados com efeito de estufa*
- [12] *Regulamento (UE) n.º 517/2014, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 16 de abril de 2014, relativo aos gases fluorados com efeito de estufa e que revoga o Regulamento (CE) n.º 842/2006*
- [13] *Regulamento de Execução (UE) 2015/2067 da Comissão, de 17 de novembro de 2015, que estabelece, nos termos do Regulamento (UE) n.º 517/2014 do Parlamento Europeu e do Conselho, os requisitos mínimos e as condições para o reconhecimento mútuo da certificação de pessoas singulares no que respeita aos equipamentos de refrigeração fixos, equipamentos de ar condicionado fixos, bombas de calor fixas e unidades de refrigeração de camiões e reboques refrigerados que contêm gases fluorados com efeito de estufa e para a certificação de empresas no que respeita aos equipamentos de refrigeração fixos, equipamentos de ar condicionado fixos e bombas de calor fixas que contêm gases fluorados com efeito de estufa*
- [14] *Regulamento de Execução (UE) 2015/2068 da Comissão, de 17 de novembro de 2015, que estabelece, nos termos do Regulamento (UE) n.º 517/2014 do Parlamento Europeu e do Conselho, o modelo dos rótulos dos produtos e equipamentos que contêm gases fluorados com efeito de estufa*
- [15] *Regulamento (CE) n.º 1516/2007 da Comissão, de 19 de dezembro de 2007, que estabelece, nos termos do Regulamento (CE) n.º 842/2006 do Parlamento Europeu e do Conselho, disposições*

normalizadas para a deteção de fugas em equipamentos fixos de refrigeração, ar condicionado e bombas de calor que contenham determinados gases fluorados com efeito de estufa

- [16] *Regulamento (CE) n.º 1272/2008 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 16 de dezembro de 2008, relativo à classificação, rotulagem e embalagem de substâncias e misturas, que altera e revoga as Diretivas 67/548/CEE e 1999/45/CE, e altera o Regulamento (CE) n.º 1907/2006*
- [17] *Regulations concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Rail (RID), appearing as Appendix C to the Convention concerning International Carriage by Rail (COTIF), Vilnius, 3 June 1999, as amended*
- [18] *Diretiva 1999/36/CE do Conselho, de 29 de abril de 1999, relativa aos equipamentos sob pressão transportáveis*
- [19] *Diretiva 1999/92/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 16 de dezembro de 1999, relativa às prescrições mínimas destinadas a promover a melhoria da proteção da segurança e da saúde dos trabalhadores suscetíveis de serem expostos a riscos derivados de atmosferas explosivas*
Guia de boas práticas, não vinculativo, para a aplicação da Diretiva 1999/92/CE “ATEX” (atmosferas explosivas)
- [20] *Decreto-Lei n.º 236/2003, de 30 de setembro, transpõe para a ordem jurídica nacional a Diretiva n.º 1999/92/CE*
- [21] *Diretiva 2014/34/UE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 26 de fevereiro de 2014, relativa à harmonização da legislação dos Estados-Membros relativa a aparelhos e sistemas de proteção destinados a ser utilizados em atmosferas potencialmente explosivas*
- [22] *Decreto-Lei n.º 111-C/2017, de 31 de agosto, estabeleceu as regras de segurança a que devem obedecer os aparelhos e sistemas de proteção destinados a ser utilizados em atmosferas potencialmente explosivas, transpondo a Diretiva n.º 2014/34/UE*
- [23] *Portaria n.º 949-A/2006, de 11 de setembro, aprova as Regras Técnicas das Instalações Elétricas de Baixa Tensão*
- [24] *Diretiva 2006/42/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 17 de maio de 2006, relativa às máquinas e que altera a Diretiva 95/16/CE*
- [25] *Regulamento (UE) 2023/1230 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 14 de junho de 2023, relativo às máquinas e que revoga a Diretiva 2006/42/CE do Parlamento Europeu e do Conselho e a Diretiva 73/361/CEE do Conselho*
- [26] *Diretiva 2014/35/UE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 26 de fevereiro de 2014, relativa à harmonização da legislação dos Estados-Membros respeitante à disponibilização no mercado de material elétrico destinado a ser utilizado dentro de certos limites de tensão*
- [27] *Diretiva 2014/30/UE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 26 de fevereiro de 2014, relativa à harmonização da legislação dos Estados-Membros respeitante à compatibilidade eletromagnética*
- [28] *Regulamento (UE) 2016/425 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 9 de março de 2016, relativo aos equipamentos de proteção individual e que revoga a Diretiva 89/686/CEE do Conselho*

- [29] *Decreto-Lei n.º 118/2019, de 21 de agosto, assegura a execução na ordem jurídica interna das obrigações decorrentes do Regulamento (UE) 2016/425, relativo aos equipamentos de proteção individual*
- [30] *Diretiva 2014/68/UE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 15 de maio de 2014, relativa à harmonização da legislação dos Estados-Membros respeitante à disponibilização de equipamentos sob pressão no mercado*
- [31] *Decreto-Lei n.º 131/2019, de 30 de agosto, aprova o Regulamento de Instalação e de Funcionamento de Recipientes sob Pressão Simples e de Equipamentos sob Pressão*
- [32] *Decreto-Lei n.º 45935, de 19 de setembro de 1964, aprova, para adesão, o Acordo Europeu relativo ao transporte internacional de mercadorias perigosas por estrada (ADR), celebrado em Genebra no dia 30 de setembro de 1957, cujo texto em francês e respetiva tradução em português constam do anexo ao presente decreto-lei*
- [33] *Decreto-Lei n.º 41-A/2010, de 29 de abril, regula o transporte terrestre, rodoviário e ferroviário, de mercadorias perigosas, transpondo para a ordem jurídica interna a Diretiva n.º 2006/90/CE, da Comissão, de 3 de novembro, e a Diretiva n.º 2008/68/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 24 de setembro*
- [34] *Decreto-Lei n.º 220/2008, de 12 de novembro, estabelece o regime jurídico da segurança contra incêndios em edifícios*
- [35] *Portaria n.º 1532/2008, de 29 de dezembro, aprova o Regulamento Técnico de Segurança contra Incêndio em Edifícios (SCIE)*