

# Programa Brasileiro de Eliminação dos HCFCs-PBH



---

Treinamento e Capacitação para Boas Práticas  
em Sistemas de Refrigeração Comercial

---



PROGRAMA  
BRASILEIRO DE  
ELIMINAÇÃO DOS  
**HCFCs**  
Projeto para o Setor de Serviços

**30**  
PROTCOLO  
DE MONTREAL  
cuidando de toda a vida sob o sol

**Presidência da República**

Michel Temer

**Ministério do Meio Ambiente**

José Sarney Filho

**Secretaria Executiva**

Marcelo Cruz

**Secretaria de Mudança do Clima e Florestas**

Everton Frask Lucero

Ministério do Meio Ambiente  
Secretaria de Mudança do Clima e Florestas  
Departamento de Monitoramento, Apoio e Fomento de Ações em Mudança do Clima  
Coordenação-Geral de Proteção da Camada de Ozônio

# **Programa Brasileiro de Eliminação dos HCFCs-PBH**

## **Treinamento e Capacitação para Boas Práticas em Sistemas de Refrigeração Comercial**

Brasília  
MMA  
2017

© 2017 Ministério do Meio Ambiente – MMA  
Permitida a reprodução sem fins lucrativos, parcial  
ou total, por qualquer meio, se citados a fonte do  
Ministério do Meio Ambiente ou sítio da Internet  
no qual pode ser encontrado o original em:  
<http://www.mma.gov.br/publicacoes-mma>

**Departamento de Monitoramento, Apoio  
e Fomento de Ações em Mudança do Clima**  
Adriano Santhiago de Oliveira

**Coordenação-Geral de  
Proteção da Camada de Ozônio**  
Magna Leite Ludovice

**Coordenação Técnica**  
Frank Amorim  
Stefanie von Heinemann

**Autoria**  
Gutenberg da Silva Pereira

**Colaboração**  
Gabriela Teixeira Rodrigues Lira  
Tatiana Lopes de Oliveira  
Oswaldo Bueno  
Rolf Huehren

**Fotografia**  
Gutenberg da Silva Pereira,  
Jefferson Costa e Rolf Huehren

**Projeto Gráfico, Diagramação e Arte**  
Danilo Koch

**Revisão**  
Susana Ferraz, Sete Estrelas Comunicação

**Secretaria de Mudança do Clima e Florestas**  
Departamento de Monitoramento, Apoio  
e Fomento de Ações em Mudança do Clima  
Coordenação-Geral de Proteção  
da Camada de Ozônio  
SEPN 505, Lote 2, Bloco B, Ed. Marie Prendi Cruz  
CEP: 70.730-542 – Brasília-DF  
Telefone: (61) 2028-2248  
E-mail: [ozonio@mma.gov.br](mailto:ozonio@mma.gov.br)

**Deutsche Gesellschaft für Internationale  
Zusammenarbeit (GIZ) GmbH**  
SCN Quadra 1, Bloco C, Sala 1501  
Ed. Brasília Trade Center  
CEP: 70.711-902 – Brasília-DF  
Telefone: (61) 2101-2170  
E-mail: [giz-brasilien@giz.de](mailto:giz-brasilien@giz.de)

---

Dados Internacionais para Catalogação na Publicação - CIP

---

B823p Brasil. Ministério do Meio Ambiente.

Programa Brasileiro de Eliminação dos HCFCs-PBH : treinamento e capacitação para boas práticas em sistemas de refrigeração comercial [recurso eletrônico] / Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Mudança do Clima e Florestas, Departamento de Monitoramento, Apoio e Fomento de Ações em Mudança do Clima – Brasília, DF: MMA, 2017.

ISBN: 978-85-7738-356-6 (on-line)

Modo de acesso: World Wide Web: <<http://www.mma.gov.br/publicacoes/clima/category/110-protecao-da-camada-de-ozonio>>

1. Protocolo de Montreal. 2. Destruição da camada de ozônio. 3. Fluidos frigoríficos - reciclagem. 4. Segurança na refrigeração. 5. Refrigeração comercial. 6. Manutenção preventiva. I. Secretaria de Mudança do Clima e Florestas. II. Departamento de Monitoramento, Apoio e Fomento de Ações em Mudança do Clima. III. Título.

CDU: 502.1:614.72(81)



## Lista de Figuras

|  |    |
|--|----|
| <b>Figura 1</b> – Mecanismo de destruição da molécula de ozônio .....  | 22 |
| <b>Figura 2</b> – Concentração de ozônio (Unidades <i>Dobson</i> ).....                                      | 23 |
| <b>Figura 3</b> – Exemplo de luvas de trabalho antiderrapantes .....   | 26 |
| <b>Figura 4</b> – Exemplo de luvas para trabalho com fluido frigorífico.....                                 | 26 |
| <b>Figura 5</b> – Exemplo de luvas para trabalho com brasagem .....  | 27 |
| <b>Figura 6</b> – Exemplo de avental para trabalho com brasagem .....  | 27 |
| <b>Figura 7</b> – Exemplo de calçados de segurança.....  | 27 |
| <b>Figura 8</b> – Exemplo de macacões, calças e casaco para trabalho normal .....                            | 27 |
| <b>Figura 9</b> – Exemplo de óculos de segurança com proteção lateral.....                                   | 27 |
| <b>Figura 10</b> – Exemplo de óculos de segurança com proteção de cobertura total .....                      | 27 |
| <b>Figura 11</b> – Exemplo de protetor para audição (abafador) .....   | 28 |
| <b>Figura 12</b> – Exemplo de protetor para audição (auricular).....   | 28 |
| <b>Figura 13</b> – Exemplo de máscara para respiração descartável.....                                       | 28 |
| <b>Figura 14</b> – Exemplo de máscara para respiração reutilizável com manutenção dos filtros .....          | 28 |
| <b>Figura 15</b> – Exemplo de conjunto para respiração autônoma .....  | 28 |
| <b>Figura 16</b> – Exemplo de capacete de segurança.....   | 29 |
| <b>Figura 17</b> – Exemplo de roupa de encapsulamento completo.....  | 29 |
| <b>Figura 18</b> – Exemplo de luva de proteção resistente aos fluidos frigoríficos e aos lubrificantes ..... | 31 |
| <b>Figura 19</b> – Exemplo de mão afetada pelo contato com fluido frigorífico líquido.....                   | 31 |
| <b>Figura 20</b> – Exemplo de placa de sinalização de proibido fumar.....                                    | 31 |
| <b>Figura 21</b> – Exemplo de cilindro retornável para recolhimento de fluido frigorífico .....              | 32 |
| <b>Figura 22</b> – Exemplo de cilindro rompido após ter ultrapassado o limite de pressão máxima .....        | 34 |
| <b>Figura 23</b> – Exemplo de temperatura do cilindro e do espaço de expansão do líquido interno .....       | 34 |
| <b>Figura 24</b> – Exemplo de cortador para tubos com 6 a 35 mm de diâmetro .....                            | 41 |
| <b>Figura 25</b> – Exemplo de cortador de tubos com 3 a 16 mm de diâmetro .....                              | 41 |
| <b>Figura 26</b> – Exemplo de cortador de tubos capilares .....  | 41 |
| <b>Figura 27</b> – Exemplo de escareador interno e externo para tubulação de cobre .....                     | 41 |
| <b>Figura 28</b> – Exemplo de ferramenta para retirar rebarbas (a lâmina pode ser girada) .....              | 41 |
| <b>Figura 29</b> – Exemplos de esponjas abrasivas plásticas .....  | 42 |
| <b>Figura 30</b> – Exemplo de escova de encaixar .....   | 42 |
| <b>Figura 31</b> – Exemplo de escova de aço.....   | 42 |
| <b>Figura 32</b> – Exemplo de jogo de ferramentas com conexões, conectores e adaptadores .....               | 42 |
| <b>Figura 33</b> – Exemplo de conector de tubo de cobre reto.....  | 42 |
| <b>Figura 34</b> – Exemplo de conector de tubo em curva de 90° .....   | 43 |
| <b>Figura 35</b> – Exemplo de conector para tubulação com redução.....                                       | 43 |
| <b>Figura 36</b> – Exemplos de espelhos de inspeção .....  | 43 |
| <b>Figura 37</b> – Exemplo de conjunto base, cone e soquete para flangeamento .....                          | 43 |
| <b>Figura 38</b> – Exemplo de curvador de tubos .....  | 44 |
| <b>Figura 39</b> – Exemplo de conjunto oxiacetileno .....  | 44 |
| <b>Figura 40</b> – Exemplo de conjunto propano/oxigênio.....   | 44 |
| <b>Figura 41</b> – Exemplo de unidade de brasagem com propano .....  | 44 |
| <b>Figura 42</b> – Exemplo de unidade de brasagem com acetileno .....  | 45 |

|  |    |
|--|----|
| <b>Figura 43</b> – Exemplo de conjunto cilindro de nitrogênio .....  | 45 |
| <b>Figura 44</b> – Exemplo de acendedor de maçarico .....  | 45 |
| <b>Figura 45</b> – Exemplo de regulador de pressão .....   | 45 |
| <b>Figura 46</b> – Exemplo de tubulação de cobre macio .....   | 46 |
| <b>Figura 47</b> – Exemplo de curvador de tubos .....  | 46 |
| <b>Figura 48</b> – Exemplo de curvador de tubos .....  | 47 |
| <b>Figura 49</b> – Fixando tubo no curvador .....  | 47 |
| <b>Figura 50</b> – Posição inicial do curvador para realização da curva .....  | 47 |
| <b>Figura 51</b> – Movimentando a haste para curvatura .....   | 48 |
| <b>Figura 52</b> – Retirada do tubo .....  | 48 |
| <b>Figura 53</b> – Cortando o tubo .....   | 49 |
| <b>Figura 54</b> – Removendo as rebarbas.....  | 49 |
| <b>Figura 55</b> – Limpeza do tubo .....   | 49 |
| <b>Figura 56</b> – Exemplo de conjunto base-flangeador .....   | 50 |
| <b>Figura 57</b> – Fixando tubo e flangeador na base .....   | 50 |
| <b>Figura 58</b> – Flangeando o tubo .....   | 50 |
| <b>Figura 59</b> – Exemplo de flange .....   | 51 |
| <b>Figura 60</b> – Exemplo de flange e união .....   | 51 |
| <b>Figura 61</b> – Aperto do conjunto.....   | 51 |
| <b>Figura 62</b> – Exemplo de torquímetro de boca aberta.....  | 52 |
| <b>Figura 63</b> – Exemplo de chave ajustável .....  | 52 |
| <b>Figura 64</b> – Exemplo de conjunto porca e união com flange .....  | 53 |
| <b>Figura 65</b> – Exemplo de alargador de impacto .....   | 53 |
| <b>Figura 66</b> – Exemplo de soquete expensor .....   | 53 |
| <b>Figura 67</b> – Exemplo de expensor de tubos .....  | 54 |
| <b>Figura 68</b> – Tubo sendo cortado .....  | 55 |
| <b>Figura 69</b> – Remoção das rebarbas internas.....  | 56 |
| <b>Figura 70</b> – Limpeza do tubo .....   | 56 |
| <b>Figura 71</b> – Limpeza na montagem .....   | 57 |
| <b>Figura 72</b> – Montagem do conjunto a ser brasado .....  | 57 |
| <b>Figura 73</b> – Exemplos de chamas.....   | 58 |
| <b>Figura 74</b> – Pré-aquecimento.....  | 59 |
| <b>Figura 75</b> – Aplicação do material de adição .....   | 59 |
| <b>Figura 76</b> – Aplicação de fluxo .....  | 60 |
| <b>Figura 77</b> – Penetração na brasagem.....   | 60 |
| <b>Figura 78</b> – Proteção com uso de nitrogênio .....  | 60 |
| <b>Figura 79</b> – Corpo de prova .....  | 61 |
| <b>Figura 80</b> – Exemplo de fixação de tubulação em ponto deslizante .....   | 62 |
| <b>Figura 81</b> – Exemplo de fixação de tubulação em ponto fixo .....   | 62 |
| <b>Figura 82</b> – Exemplo de fixador para tubulação fixa e deslizante.....  | 63 |
| <b>Figura 83</b> – Exemplo de fixador para tubulação fixa .....  | 63 |
| <b>Figura 84</b> – Exemplo de fixação sem proteção para os tubos, causando atrito e danificando a tubulação e o isolamento ..... | 64 |
| <b>Figura 85</b> – Exemplo de isolamento da tubulação .....  | 65 |

|   |    |
|---|----|
| <b>Figura 86</b> – Exemplo de amortecedor de vibração flexível de aço trançado .....  | 66 |
| <b>Figura 87</b> – Direção da absorção da vibração .....  | 66 |
| <b>Figura 88</b> – Exemplo de instalação não recomendada dos dispositivos de controle de pressão (capilares) .....                    | 67 |
| <b>Figura 89</b> – Bom exemplo de instalação utilizando dispositivos de controle de pressão com tubos termoplásticos flexíveis .....  | 67 |
| <b>Figura 90</b> – Montagem recomendada para tubos flexíveis .....  | 67 |
| <b>Figura 91</b> – Exemplo de um sistema <i>rack</i> .....  | 69 |
| <b>Figura 92</b> – Exemplo de unidade condensadora .....  | 69 |
| <b>Figura 93</b> – Exemplo de válvula de expansão com conexões brasadas e local do orifício com conexão para flange industrial .....  | 70 |
| <b>Figura 94</b> – Exemplo de válvula de expansão com todas as conexões brasadas .....  | 71 |
| <b>Figura 95</b> – Exemplo de adaptador para brasagem/flange industrial .....   | 71 |
| <b>Figura 96</b> – Exemplo de vista de corte lateral de uma válvula solenoide com conexões brasadas ..                                | 71 |
| <b>Figura 97</b> – Exemplo de válvula reguladora de pressão com conexões brasadas .....   | 73 |
| <b>Figura 98</b> – Exemplo de sifão com conexões brasadas .....   | 75 |
| <b>Figura 99</b> – Exemplo de filtro secador com conexões brasadas .....  | 75 |
| <b>Figura 100</b> – Exemplo de visor de líquido com conexões brasadas .....   | 76 |
| <b>Figura 101</b> – Exemplo de separador de óleo com conexões brasadas .....  | 78 |
| <b>Figura 102</b> – Exemplo de reservatório de óleo com conexões brasadas .....   | 78 |
| <b>Figura 103</b> – Exemplo de tanque de líquido .....  | 79 |
| <b>Figura 104</b> – Exemplo de válvula de serviço .....   | 80 |
| <b>Figura 105</b> – Exemplo de válvula de esfera com conexões brasadas .....  | 81 |
| <b>Figura 106</b> – Exemplo de acumulador de sucção com conexões brasadas .....   | 81 |
| <b>Figura 107</b> – Núcleo da válvula <i>Schrader</i> .....   | 82 |
| <b>Figura 108</b> – Tampa hexagonal com borracha de vedação .....   | 83 |
| <b>Figura 109</b> – Tampa recartilhada com borracha de vedação .....  | 83 |
| <b>Figura 110</b> – Tampa hexagonal com superfície cônica para vedação .....  | 83 |
| <b>Figura 111</b> – Porca sextavada com selo de cobre .....   | 83 |
| <b>Figura 112</b> – Princípio do ciclo de refrigeração de simples estágio .....   | 84 |
| <b>Figura 113</b> – Princípio de sistema com dois vapores de mesma temperatura .....  | 85 |
| <b>Figura 114</b> – Princípio de sistema com dois evaporadores e temperaturas diferentes .....  | 86 |
| <b>Figura 115</b> – Princípio de sistema com descarga única .....   | 87 |
| <b>Figura 116</b> – Princípio de sistema com compressores em paralelo .....   | 88 |
| <b>Figura 117</b> – Princípio de sistema com compressores em paralelo e descarga única .....  | 89 |
| <b>Figura 118</b> – Princípio de sistema de duplo estágio de compressão com separador de líquido .....                                | 90 |
| <b>Figura 119</b> – Princípio de sistema em cascata de compressão .....   | 91 |
| <b>Figura 120</b> – Exemplo de regulador mecânico de nível de óleo .....  | 92 |
| <b>Figura 121</b> – Princípio de sistema de retorno de óleo com controle coletivo do óleo .....                                       | 93 |
| <b>Figura 122</b> – Princípio de sistema de retorno de óleo com controle individual do nível de óleo .....                            | 94 |
| <b>Figura 123</b> – Princípio de sistema de retorno de óleo com separador e reservatório de óleo incorporados em uma única peça ..... | 95 |
| <b>Figura 124</b> – Exemplo de sala de máquinas limpa .....   | 97 |
| <b>Figura 125</b> – Exemplo de conjunto <i>manifold</i> com base de quatro válvulas .....   | 98 |

|   |     |
|---|-----|
| <b>Figura 126</b> – Exemplo de vacuômetro .....   | 99  |
| <b>Figura 127</b> – Exemplo de bomba de vácuo de duplo estágio .....  | 99  |
| <b>Figura 128</b> – Exemplo de recolhedora .....  | 99  |
| <b>Figura 129</b> – Exemplo de mangueira padrão para fluido refrigerante com duas conexões fêmeas de ¼” ...   | 100 |
| <b>Figura 130</b> – Exemplo de mangueira com válvula de esfera .....  | 100 |
| <b>Figura 131</b> – Exemplo de válvula perfuradora .....  | 100 |
| <b>Figura 132</b> – Exemplo de alicate perfurador .....   | 100 |
| <b>Figura 133</b> – Exemplo de ferramenta para remoção de núcleo de válvula <i>Schrader</i> .....   | 101 |
| <b>Figura 134</b> – Exemplo de conjunto de engate rápido do tubo à mangueira de fluido refrigerante .....   | 101 |
| <b>Figura 135</b> – Exemplo de termômetro de contato .....  | 102 |
| <b>Figura 136</b> – Exemplo de termômetro infravermelho .....   | 102 |
| <b>Figura 137</b> – Exemplo de balança .....  | 103 |
| <b>Figura 138</b> – Exemplo de alicate amperímetro .....  | 103 |
| <b>Figura 139</b> – Exemplo de multímetro .....   | 103 |
| <b>Figura 140</b> – Exemplo de alicates com cabo isolado .....  | 104 |
| <b>Figura 141</b> – Exemplo de chave de fenda com isolamento no cabo e na haste.....  | 104 |
| <b>Figura 142</b> – Exemplo de bomba de vácuo de duplo estágio e recipientes de óleo .....  | 105 |
| <b>Figura 143</b> – Recolhimento por transferência de vapor .....   | 107 |
| <b>Figura 144</b> – Recolhimento por transferência de líquido e separação de óleo .....   | 108 |
| <b>Figura 145</b> – Recolhimento rápido ( <i>push-pull</i> ) .....  | 108 |
| <b>Figura 146</b> – Exemplo de método “ <i>push-pull</i> ” para sistemas de refrigeração comercial por<br>transferência de líquido.....                 | 111 |
| <b>Figura 147</b> – Exemplo de método “ <i>push-pull</i> ” para sistemas de refrigeração comercial (processo<br>ativo por transferência de vapor) ..... | 112 |
| <b>Figura 148</b> – Exemplo de identificador de fluidos refrigerantes.....  | 114 |
| <b>Figura 149</b> – Exemplo de recicladora doada pelo Plano Nacional de Eliminação dos CFCs (PNC) .....   | 116 |
| <b>Figura 150</b> – Reciclagem de ciclo único .....   | 117 |
| <b>Figura 151</b> – Reciclagem de ciclo contínuo .....  | 118 |
| <b>Figura 152</b> – Fluxograma do processo de reciclagem de fluido refrigerante.....  | 119 |
| <b>Figura 153</b> – Exemplo de central de regeneração doada no âmbito do PNC.....   | 120 |
| <b>Figura 154</b> – Exemplo de regeneradora de fluidos refrigerantes doada no âmbito do PNC .....   | 120 |
| <b>Figura 155</b> – Exemplo de laboratório .....  | 120 |
| <b>Figura 156</b> – Fluxograma do processo de regeneração de fluido refrigerante.....   | 121 |
| <b>Figura 157</b> – Exemplo de limpeza com nitrogênio seco .....  | 122 |
| <b>Figura 158</b> – Exemplo de vácuo no sistema .....   | 125 |
| <b>Figura 159</b> – Exemplo para carga de fluido refrigerante .....   | 128 |
| <b>Figura 160</b> – Exemplo para verificação final de vazamento .....   | 133 |
| <b>Figura 161</b> – Práticas recomendáveis e não recomendáveis para a manutenção de sistemas<br>de refrigeração.....                                    | 139 |
| <b>Figura 162</b> – Comparação da sensibilidade dos métodos de teste de vazamentos.....   | 144 |
| <b>Figura 163</b> – Exemplo de teste de vazamento com nitrogênio .....  | 146 |
| <b>Figura 164</b> – Teste de vazamento com espuma de sabão .....  | 146 |
| <b>Figura 165</b> – Exemplo de detecção de vazamento por hidrogênio.....  | 147 |
| <b>Figura 166</b> – Exemplo de teste de vazamento com detector de gases eletrônico.....   | 148 |

|  |     |
|--|-----|
| <b>Figura 167</b> – Dispositivo de vazamento de referência para fixação na válvula do cilindro de fluido refrigerante..... | 149 |
| <b>Figura 168</b> – Mudança de cor da chama .....  | 150 |
| <b>Figura 169</b> – Corrosão nos componentes do sistema .....  | 151 |
| <b>Figura 170</b> – Métodos indiretos e diretos para inspeção de vazamentos.....   | 151 |
| <b>Figura 171</b> – Válvula <i>Schrader</i> sem tampa.....   | 154 |
| <b>Figura 172</b> – Imagem de braçadeira quebrada por causa de vibrações.....  | 154 |
| <b>Figura 173</b> – Corrosão nas serpentinas.....  | 155 |

## Lista de Quadros

|   |     |
|---|-----|
| <b>Quadro 1</b> – Cronograma de eliminação do consumo de HCFCs .....                          | 16  |
| <b>Quadro 2</b> – Atos normativos referentes ao controle de SDOs .....                        | 20  |
| <b>Quadro 3</b> – Referências normativas .....  | 35  |
| <b>Quadro 4</b> – Classificação do grupo de segurança dos fluidos refrigerantes.....          | 37  |
| <b>Quadro 5</b> – Dados de CFCs .....   | 37  |
| <b>Quadro 6</b> – Dados de HCFCs.....   | 38  |
| <b>Quadro 7</b> – Dados de misturas utilizadas como alternativas transitórias .....           | 38  |
| <b>Quadro 8</b> – Dados de HFCs .....   | 38  |
| <b>Quadro 9</b> – Dados de misturas utilizadas como alternativas de médio prazo.....          | 39  |
| <b>Quadro 10</b> – Dados dos fluidos naturais .....   | 39  |
| <b>Quadro 11</b> – Seleção da bomba de vácuo .....  | 123 |
| <b>Quadro 12</b> – Conversão de valores de vácuo .....  | 126 |
| <b>Quadro 13</b> – <i>Checklist</i> para <i>start-up</i> .....                                | 129 |
| <b>Quadro 14</b> – Modelo de relatório para análise de vazamento de fluido refrigerante ..... | 156 |

## Lista de Tabelas

|  |     |
|--|-----|
| <b>Tabela 1</b> – Estratégia de redução do consumo de HCFCs – Etapa 1 do PBH.....  | 17  |
| <b>Tabela 2</b> – Estratégia de redução do consumo de HCFCs – Etapa 2 do PBH.....  | 18  |
| <b>Tabela 3</b> – Características de reguladores de pressão .....  | 46  |
| <b>Tabela 4</b> – Valores padrão de torque de aperto para conexão flangeada em tubulação de refrigeração e ar condicionado ..... | 52  |
| <b>Tabela 5</b> – Exemplos de material de adição utilizados para brasagem.....   | 55  |
| <b>Tabela 6</b> – Espaçamento máximo recomendado para o apoio das tubulações de cobre, conforme EN 378-2/2016.....               | 63  |
| <b>Tabela 7</b> – Referência padrão para amostra de fluidos contaminados, conforme AHRI 740/2016.....                            | 161 |

# Sumário

|   |           |
|---|-----------|
| <b>PREFÁCIO .....</b>   | <b>12</b> |
| <b>1. O PROTOCOLO DE MONTREAL E A DESTRUIÇÃO DA CAMADA DE OZÔNIO.....</b>                                   | <b>14</b> |
| 1.1 As Substâncias Destruidoras da Camada de Ozônio (SDOs) e a Refrigeração.....                            | 15        |
| 1.2 A adesão do Brasil ao Protocolo de Montreal .....   | 15        |
| 1.3 O Programa Brasileiro de Eliminação dos HCFCs (PBH).....  | 16        |
| 1.4 O IBAMA e o Cadastro Técnico Federal .....  | 19        |
| 1.5 A Legislação Brasileira e o Protocolo de Montreal .....   | 20        |
| 1.6 A Camada de Ozônio – suas causas e efeitos.....   | 22        |
| <b>2. IMPORTÂNCIA DE RECOLHER, RECICLAR E REGENERAR FLUIDOS FRIGORÍFICOS<br/>E REDUZIR VAZAMENTOS .....</b> | <b>24</b> |
| <b>3. SEGURANÇA NA REFRIGERAÇÃO .....</b>   | <b>26</b> |
| 3.1 Equipamentos de Proteção Individual – EPIs .....  | 26        |
| 3.2 Segurança durante o trabalho em sistemas de refrigeração comercial .....                                | 29        |
| 3.3 Recomendações de segurança para o manuseio de fluidos frigoríficos.....                                 | 30        |
| 3.4 Cilindros de fluido frigorífico .....   | 32        |
| 3.5 Manuseio de cilindros de fluido frigorífico .....   | 33        |
| 3.6 Referências normativas.....   | 35        |
| <b>4. FLUIDOS FRIGORÍFICOS.....</b>   | <b>36</b> |
| 4.1 Classificação dos fluidos frigoríficos .....  | 36        |
| 4.2 Fluidos frigoríficos usados em sistemas de refrigeração comercial.....                                  | 37        |

|  |            |
|--|------------|
| <b>5. OPERAÇÃO COM TUBULAÇÕES .....</b>  | <b>40</b>  |
| 5.1 Tubulações.....  | 40         |
| 5.2 Ferramentas e equipamentos para o manuseio com tubulações .....  | 40         |
| 5.3 Curvas em tubulações de cobre/alumínio.....  | 46         |
| 5.4 Flangeamento .....   | 49         |
| 5.5 Expansão e ligamentos de tubos e componentes .....   | 53         |
| 5.6 Processos de brasagem.....   | 54         |
| 5.7 Treinamento prático de brasagem – Corpo de prova.....  | 61         |
| 5.8 Fixação de tubos .....   | 62         |
| 5.9 Isolamento da tubulação .....  | 64         |
| 5.10 Prevenção de vibração de tubos e componentes .....  | 65         |
| 5.11 Tubos flexíveis.....  | 67         |
| <br>   |            |
| <b>6. REFRIGERAÇÃO COMERCIAL – EQUIPAMENTOS E COMPONENTES .....</b>  | <b>68</b>  |
| 6.1 Tipos de equipamentos .....  | 69         |
| 6.2 Componentes do sistema frigorífico.....  | 70         |
| 6.3 Tipos de circuitos de refrigeração .....   | 84         |
| 6.4 Sistema de retorno de óleo .....   | 92         |
| <br>   |            |
| <b>7. AMBIENTE DE TRABALHO E FERRAMENTAS.....</b>  | <b>96</b>  |
| 7.1 Área de trabalho.....  | 96         |
| 7.2 Sala de máquinas.....  | 96         |
| 7.3 Abertura do circuito de refrigeração .....   | 97         |
| 7.4 Ferramentas para manuseio de fluidos frigoríficos .....  | 98         |
| 7.5 Ferramentas elétricas.....   | 103        |
| 7.6 Manutenção dos equipamentos e ferramentas .....  | 104        |
| <br>   |            |
| <b>8. RECOLHIMENTO, RECICLAGEM E REGENERAÇÃO DO FLUIDO FRIGORÍFICO ...</b>                                   | <b>106</b> |
| 8.1 Recolhimento .....   | 106        |
| 8.2 Reciclagem.....  | 115        |
| 8.3 Regeneração.....   | 119        |
| <br>   |            |
| <b>9. OPERAÇÕES NO SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO .....</b>   | <b>122</b> |
| 9.1 Limpeza do circuito de refrigeração ( <i>flushing</i> ) com nitrogênio seco .....                        | 122        |
| 9.2 Evacuação do circuito de refrigeração .....  | 123        |
| 9.3 Carga de fluido frigorífico .....  | 127        |
| 9.4 Comissionamento, procedimento de partida ( <i>start-up</i> ) e balanceamento do sistema frigorífico .... | 128        |

|  |            |
|--|------------|
| <b>10. MANUTENÇÃO E REPAROS EM SISTEMAS DE REFRIGERAÇÃO COMERCIAL.....</b>           | <b>134</b> |
| 10.1 Manutenção preventiva planejada .....   | 134        |
| 10.2 Reparos no sistema de refrigeração comercial.....                               | 136        |
| 10.3 Documentação das condições de operação .....                                    | 137        |
| 10.4 Sistema Online para Documentação de Atividades de Manutenção - PRÓ-OZÔNIO ..... | 137        |
| 10.5 Código de Conduta .....   | 139        |
| <br>   |            |
| <b>11 VAZAMENTOS: DESCOBRIR E EVITAR.....</b>  | <b>140</b> |
| 11.1 Requisitos para a detecção de vazamentos.....                                   | 140        |
| 11.2 Inspeção de vazamentos consertados .....  | 141        |
| 11.3 Contenção do fluido frigorífico.....  | 141        |
| 11.4 Detecção de vazamento.....  | 142        |
| 11.5 Trabalhos preparatórios para o teste de vazamento .....                         | 145        |
| 11.6 Testes de vazamento.....  | 145        |
| 11.7 Localização de vazamentos em sistemas de refrigeração comercial .....           | 152        |
| 11.8 Causas dos vazamentos .....   | 153        |
| 11.9 Análise dos pontos de vazamento.....  | 156        |
| <br>   |            |
| <b>12 FIM DA VIDA ÚTIL.....</b>  | <b>158</b> |
| 12.1 Desativação do sistema de refrigeração comercial.....                           | 158        |
| 12.2 Destinação final de fluidos frigoríficos e componentes do sistema.....          | 158        |
| <br>   |            |
| <b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>   | <b>159</b> |
| <br>   |            |
| <b>ANEXO 01 – REQUISITOS PARA A REGENERAÇÃO DE FLUIDOS FRIGORÍFICOS .....</b>        | <b>160</b> |
| <br>   |            |
| <b>ANEXO 02 – SIMBOLOGIA DOS COMPONENTES DE REFRIGERAÇÃO .....</b>                   | <b>163</b> |
| <br>   |            |
| <b>ANEXO 03 – CHECKLIST DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA.....</b>                            | <b>168</b> |
| <br>   |            |
| <b>ANEXO 04 – LIVRO DE REGISTRO .....</b>  | <b>184</b> |

# Prefácio

**E**m 2007, durante a comemoração dos 20 anos de existência do Protocolo de Montreal e após o bem-sucedido processo de eliminação do consumo de CFCs (clorofluorcarbonos), os Países Parte do Protocolo de Montreal decidiram antecipar o cronograma de eliminação do consumo de HCFC (hidroclorofluorcarbono), por meio da aprovação da Decisão XIX/6.

Para isso, o governo brasileiro coordenou a elaboração do Programa Brasileiro de Eliminação dos HCFCs (PBH), contando com a participação de entidades representativas dos setores privado e governamental. O cronograma de eliminação do consumo de HCFCs foi dividido em etapas. A Etapa 1 do PBH, que ocorreu no período de 2013 a 2015, eliminou 32,36% do consumo de HCFC-141b e 6,51% do consumo de HCFC-22, perfazendo a eliminação total de 16,6% do consumo de HCFCs. A Etapa 2, aprovada em novembro de 2015, tem como finalidade a eliminação de 90,03% do consumo de HCFC-141b até 2020 e de 27,10% do consumo de HCFC-22 até 2021. Uma terceira etapa está prevista para eliminação do consumo residual de HCFCs no período entre 2022 a 2040.

O PBH inclui projetos para a redução do consumo do HCFC-22 nos setores de manufatura e serviços de equipamentos de refrigeração comercial e de ar condicionado; e também a eliminação do consumo de HCFC-141b no setor de manufatura de espumas de poliuretano, matéria-prima de produtos como volantes de automóveis e divisórias de escritórios.

No setor de serviços, as ações do PBH estão direcionadas para redução dos vazamentos de HCFC-22, por meio da aplicação das boas práticas durante os serviços de reparo, manutenção, instalação e operação de equipamentos de refrigeração e ar condicionado. Neste sentido, destaca-se o Projeto de Treinamento e Capacitação de Mecânicos e Técnicos para boas práticas em sistemas de refrigeração comercial, que tem como meta a capacitação 1.238 técnicos que atuam neste setor.

Este manual foi elaborado com o objetivo de ilustrar as mais importantes ferramentas e técnicas utilizadas nos serviços de instalação, operação, manutenção e reparo de sistemas de refrigeração comercial. Tem como finalidade oferecer orientação profissional aos mecânicos e técnicos que trabalham no setor para a aplicação das boas práticas durante os trabalhos, principalmente para o fornecimento de conhecimento sobre contenção de vazamentos de fluidos frigoríficos.

Sabe-se que uma quantidade significativa de emissões de HCFC-22 poderia ser evitada por meio da aplicação de boas práticas durante a instalação, operação, manutenção e reparo de equipamentos de refrigeração e ar condicionado. Boas práticas incluem atividades de manutenção preventiva, detecção de vazamentos, registro de dados técnicos, operação adequada, além do recolhimento, reciclagem e manuseio correto dos fluidos frigoríficos, entre outros procedimentos. Essas atividades demandam profissionais devidamente capacitados e treinados, que podem contribuir para uma redução significativa do consumo de fluidos frigoríficos no Brasil.

As boas práticas trazem benefícios ao meio ambiente e qualidade aos serviços prestados, proporcionando maior vida útil e melhor eficiência energética dos sistemas de refrigeração e ar condicionado.

Espera-se que esta apostila facilite e proporcione acumulação e intercâmbio de conhecimento durante as aulas de capacitação dos profissionais do setor e, ao mesmo tempo, sirva como material de capacitação para os técnicos que não puderam participar dos cursos promovidos no âmbito do projeto.

As ilustrações contidas no material têm como objetivo comunicar, identificar e reforçar o aprendizado, de forma didática e acessível, fortalecendo as ações de boas práticas nos serviços de instalação e manutenção de sistemas de refrigeração e ar condicionado.

Está prevista a atualização deste manual em base regular para integrar sugestões recebidas e para manter o ritmo da evolução das ações desenvolvidas.

# 1 O Protocolo de Montreal e a destruição da Camada de Ozônio

O Protocolo de Montreal sobre Substâncias que Destroem a Camada de Ozônio é um tratado internacional que objetiva proteger a Camada de Ozônio do Planeta por meio da eliminação da produção e consumo das Substâncias Destruidoras do Ozônio (SDOs). Foi adotado em 1987 em resposta à destruição da Camada de Ozônio que protege a Terra contra a radiação ultravioleta emitida pelo sol.

O Protocolo de Montreal estabeleceu metas de eliminação para todos os Países Parte, respeitando o princípio das responsabilidades comuns, porém, diferenciadas. Para prover assistência técnica e financeira aos países em desenvolvimento<sup>1</sup>, em 1990 foi instituído o Fundo Multilateral para a Implementação do Protocolo de Montreal (FML).

O Fundo é administrado pelo Comitê Executivo do Fundo Multilateral para Implementação do Protocolo de Montreal, composto por sete países desenvolvidos e sete países em desenvolvimento. Os projetos que o Fundo apoia são realizados em 147 países em desenvolvimento, por meio das agências implementadoras multilaterais das Nações Unidas e bilaterais dos países desenvolvidos doadores.

## **Agências Implementadoras Multilaterais:**

- Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento – PNUD;
- Organização das Nações Unidas para o Desenvolvimento Industrial – ONUDI;
- Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente – PNUMA; e
- Banco Mundial.

## **Agência de Cooperação Técnica Bilateral:**

- Cooperação Alemã para o Desenvolvimento Sustentável por meio da Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH.

Com as ações adotadas pelos países no âmbito do Protocolo de Montreal, estima-se que, entre 2050 e 2075, a Camada de Ozônio sobre a Antártica retorne aos níveis que apresentava em 1980. Estimativas apontam que, sem as medidas globais desencadeadas pelo Protocolo, a destruição da Camada de Ozônio teria crescido ao menos 50% no Hemisfério Norte e 70% no

Hemisfério Sul, isto é, o dobro de raios ultravioleta alcançaria o norte da Terra e o quádruplo ao sul. A quantidade de SDOs na atmosfera seria cinco vezes maior<sup>2</sup>.

Em 2017 o Protocolo de Montreal completa 30 anos e tem como tema a seguinte frase: “Cuidando de toda a vida sob o sol”. Este acordo, universalmente estabelecidos pelos 197 Países Parte, apresenta resultados notáveis em favor da conscientização ambiental e da proteção da natureza.

## 1.1 As Substâncias Destruidoras da Camada de Ozônio (SDOs) e a refrigeração

As SDOs são substâncias químicas sintetizadas pelo homem para diversas aplicações. Essas substâncias foram muito utilizadas na refrigeração doméstica, comercial, industrial e automotiva, na produção de espumas (agente expensor do poliuretano), na agricultura para desinfecção do solo (controle de pragas), para proteção de mercadorias (desinfecção), em laboratórios, como matéria-prima de vários processos industriais, entre outros. As mais comuns são: clorofluorcarbono (CFC), hidroclorofluorcarbono (HCFC), brometo de metila e halon.

No setor da refrigeração, os CFCs foram aos poucos sendo substituídos pelos HCFCs e HFCs. Essas substâncias possuem alta capacidade para absorver calor, não são inflamáveis e nem tóxicas ao ser humano. No entanto, os CFCs apresentam alto poder de destruição da Camada de Ozônio. Já os HCFCs também destroem a Camada de Ozônio, mas em menores proporções.

Atualmente, o Brasil consome apenas HCFCs, com destaque para o HCFC-141b, utilizado na manufatura de espumas de poliuretano, e para o HCFC-22, utilizado como fluido frigoríficos em aparelhos e equipamentos de refrigeração e ar condicionado.

Os CFCs, HCFCs e HFCs são substâncias que contribuem para o aquecimento global. Portanto, a liberação de qualquer destas substâncias na atmosfera traz enormes prejuízos ao meio ambiente.

## 1.2 A adesão do Brasil ao Protocolo de Montreal

Por meio do Decreto nº. 99.280, de 6 de junho de 1990, os textos da Convenção de Viena e do Protocolo de Montreal foram promulgados pelo governo federal, determinando que fossem executados e cumpridos integralmente no Brasil.

Desde essa época, o Brasil tem feito a sua parte em relação aos esforços internacionais para a proteção da Camada de Ozônio e tem cumprido com as metas estabelecidas pelo Protocolo de Montreal, colaborando para a defesa do meio ambiente e para a modernização e aumento da competitividade da indústria brasileira.

---

<sup>1</sup> Aqueles cujo nível anual de consumo de substâncias controladas listadas no Anexo A do Protocolo de Montreal seja inferior a 0,3 kg per capita na data de entrada em vigor do Protocolo de Montreal ou em qualquer data posterior nos dez anos que se seguem à data de entrada em vigor do Protocolo.

<sup>2</sup> <http://www.protocolodemontreal.org.br/eficiente/sites/protocolodemontreal.org.br/pt-br/site.php?secao=saladeimprensa>, acesso em 11/01/2017.

O País concluiu a eliminação do consumo dos CFCs em janeiro de 2010. Nos últimos 15 anos, o trabalho desenvolvido pelo governo brasileiro, com recursos do Fundo Multilateral para Implementação do Protocolo de Montreal, conseguiu reduzir o consumo anual de 9.276 toneladas de CFCs em 2002 para zero em 2010. Isto corresponde ao equivalente a mais de 600 milhões de toneladas de gás carbônico de emissões evitadas no período, segundo dados do Ministério do Meio Ambiente.

O Plano Nacional para Eliminação dos CFCs (PNC), aprovado em 2002, possibilitou a implantação de um sistema de recolhimento, reciclagem e regeneração de Substâncias Destruídas da Camada de Ozônio (SDOs) em todo o País, composto de cinco centrais de regeneração e 120 unidades de reciclagem para fluidos frigoríficos. Como resultado desse Plano, mais de 24,6 mil técnicos foram capacitados em boas práticas de refrigeração e mais de 200 empresas nacionais obtiveram apoio para a eliminação dos CFCs em equipamentos de refrigeração e na fabricação de espumas de poliuretano.

## 1.3 O Programa Brasileiro de Eliminação dos HCFCs (PBH)

Depois do sucesso da eliminação dos CFCs, o Protocolo de Montreal entrou em uma nova fase voltada para a eliminação da produção e consumo dos HCFCs, considerando que essas substâncias, além do potencial de destruição da Camada de Ozônio, possuem alto potencial de aquecimento global. Em setembro de 2007, os Países Parte do Protocolo de Montreal decidiram, por meio da Decisão XIX/6, antecipar os prazos de eliminação dessas substâncias.

De acordo com a decisão acima, todos os países se comprometem em cumprir um novo cronograma de eliminação dos HCFCs. No caso dos países em desenvolvimento, os prazos para eliminação dos HCFCs (regra geral) foram definidos conforme o Quadro 1:

**Quadro 1** - Cronograma de eliminação do consumo de HCFCs

| Ano  | Ação  |
|------|---|
| 2013 | Congelamento do consumo dos HCFCs (média do consumo de 2009 e 2010) |
| 2015 | Redução de 10,0% do consumo   |
| 2020 | Redução de 35,0% do consumo   |
| 2025 | Redução de 67,5% do consumo   |
| 2030 | Redução de 97,5% do consumo   |
| 2040 | Eliminação do consumo   |

A redução do consumo de HCFCs afeta diversos setores industriais, entre eles os de refrigeração e ar condicionado, espumas, solventes e extinção de incêndio.

## Estratégia de redução do consumo de HCFCs – Etapa 1 do PBH

O Brasil, por meio da Etapa 1 do Programa Brasileiro de Eliminação dos HCFCs (PBH), reduziu o consumo de HCFCs em 16,6% em 2015. A estratégia de eliminação do consumo de HCFCs constava da realização de ações regulatórias, da execução de projetos de conversão de tecnologias para o setor de espuma e da execução de projetos de contenção de vazamentos para o setor de serviços, conforme Tabela 1.

**Tabela 1** - Estratégia de redução do consumo de HCFCs – Etapa 1 do PBH

|           | SETOR              | APLICAÇÃO                      | Quantidade (toneladas métricas) | Quantidade (toneladas PDO*) |
|-----------|--------------------|--------------------------------|---------------------------------|-----------------------------|
| HCFC-141b | Manufatura PU**    | Painéis Contínuos              | 294,1                           | 32,4                        |
|           |                    | Pele Integral/Flexível Moldada | 789,21                          | 86,8                        |
|           |                    | PU Rígido                      | 450,91                          | 49,6                        |
|           | Subtotal           |                                | 1.534,22                        | 168,8                       |
| HCFC-22   | Ações Regulatórias | Refrigeração e Ar Condicionado | 26,7                            | 1,5                         |
|           | Serviços           | Refrigeração e Ar Condicionado | 909,09                          | 50                          |
|           | Subtotal           |                                | 935,79                          | 51,5                        |
| TOTAL     |                    |                                | 2.470,01                        | 220,3                       |

\*PDO = Potencial de Destruição do Ozônio

\*\*PU= Poliuretano

### Ações para a melhor contenção de vazamentos para o setor de serviços – Etapa 1 do PBH

- Treinamento e capacitação de 4.800 mecânicos e técnicos de refrigeração, que atuam na área de refrigeração comercial em supermercados;
- Treinamento e capacitação de 100 mecânicos e técnicos de refrigeração, que atuam na área de sistemas de ar condicionado do tipo *split*;
- Realização de quatro projetos demonstrativos de contenção de HCFCs em supermercados, com o objetivo de apresentar procedimentos que melhorem a estanqueidade dos sistemas de refrigeração, a partir da substituição de peças antigas e ineficientes;
- Introdução de uma aplicação interativa para a documentação do consumo de HCFCs e monitoramento das atividades de manutenção de equipamentos de refrigeração e ar condicionado.

## Estratégia de redução do consumo de HCFCs – Etapa 2 do PBH

A Etapa 2 do Programa Brasileiro de Eliminação dos HCFCs (PBH) define as diretrizes e ações a serem executadas no Brasil relacionadas ao cumprimento das metas no período de 2016 a 2021.

Nesta segunda etapa, a estratégia de eliminação do consumo de HCFCs consta da realização de ações regulatórias, da execução de projetos de conversão de tecnologias para o setor de espuma, da execução de projetos de conversão de tecnologias para o setor de refrigeração e ar condicionado e da execução de projetos de treinamento e capacitação para o setor de serviços, conforme Tabela 2.

**Tabela 2** - Estratégia de redução do consumo de HCFCs – Etapa 2 do PBH

|           | SETOR              | APLICAÇÃO                      | Quantidade (toneladas métricas) | Quantidade (toneladas PDO*) |
|-----------|--------------------|--------------------------------|---------------------------------|-----------------------------|
| HCFC-141b | Ações Regulatórias | PU Rígido                      | 480,04                          | 52,80                       |
|           | Manufatura PU**    | PU Rígido                      | 1.602,40                        | 176,26                      |
|           | Subtotal           |                                | 2.082,44                        | 229,06                      |
| HCFC-22   | Ações Regulatórias | Refrigeração e Ar Condicionado | 26,70                           | 1,50                        |
|           | Manufatura de RAC  | RAC                            | 1.110,04                        | 61,06                       |
|           | Manufatura de PU   | PU Rígido                      | 11,09                           | 0,61                        |
|           | Serviços           | Refrigeração e Ar Condicionado | 1.818,18                        | 100,00                      |
|           | Subtotal           |                                | 2.658,01                        | 146,22                      |
| TOTAL     |                    |                                | 4.740,45                        | 375,28                      |

\*PDO = Potencial de Destruição do Ozônio

\*\*PU= Poliuretano

O PBH foi construído de forma conjunta e participativa, por meio de um processo aberto, transparente e democrático, cuja participação de todos os setores envolvidos, governo e iniciativa privada, foi crucial.

## Coordenação da implementação do PBH

O PBH é coordenado pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA), por meio da Secretaria de Mudanças do Clima e Florestas, e conta com o apoio do Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Renováveis (IBAMA) e dos demais Ministérios integrantes do Comitê Executivo Interministerial para a Proteção da Camada de Ozônio – PROZON (Decreto de 6 de março de 2003). A sua execução é apoiada pelo Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento – PNUD, como agência líder, pela Organização das Nações Unidas para o Desenvolvimento Industrial – ONUDI e pela Cooperação Alemã para o Desenvolvimento Sustentável por meio da Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, como agências cooperadoras.

A GIZ é a agência de cooperação bilateral que atua, no âmbito do PBH, na implementação dos projetos de contenção de vazamentos no setor de serviços, com o objetivo de reduzir os vazamentos de HCFC-22.

O setor de serviços de refrigeração e ar condicionado responde por aproximadamente 82% do consumo de HCFC-22 no Brasil. Uma quantidade significativa de emissões de HCFC-22 poderia ser evitada por meio da aplicação de boas práticas durante a instalação, operação, manutenção e reparo de equipamentos de refrigeração e ar condicionado. Boas práticas incluem atividades de manutenção preventiva, detecção de vazamentos, registro de dados técnicos, operação adequada, além do recolhimento, reciclagem e manuseio correto dos fluidos frigoríficos, entre outros procedimentos. Essas atividades demandam profissionais devidamente capacitados e treinados, no qual podem contribuir para uma redução significativa do consumo de fluidos frigoríficos.

Neste contexto, o Projeto de Treinamento e Capacitação de Mecânicos e Técnicos de Refrigeração, na Etapa 2 do PBH, foi desenvolvido com apoio da Associação Brasileira de Refrigeração, Ar Condicionado, Ventilação e Aquecimento (ABRAVA) e da Associação Brasileira de Supermercados (ABRAS), e visa introduzir e reforçar técnicas e procedimentos que contribuam para a redução das perdas de fluidos frigoríficos, ao mesmo tempo em que diminui as necessidades de manutenção e aumenta a vida útil dos equipamentos. Está prevista a capacitação de 1.238 mecânicos e técnicos de refrigeração para boas práticas em sistemas de refrigeração comercial.

#### **Outras medidas previstas na Etapa 2 do PBH:**

- Treinamento e capacitação de 7.000 mecânicos e técnicos de refrigeração para boas práticas em sistemas de ar condicionado do tipo janela e *mini-split*;
- Treinamento e capacitação de 1.000 mecânicos e técnicos de refrigeração em boas práticas no uso seguro e eficiente de fluidos alternativos de zero PDO e baixo GWP em sistemas de ar condicionado e refrigeração comercial;
- Estímulo ao recolhimento, reciclagem e regeneração das SDOs por meio da infra-estrutura existente no País, composta por centrais de regeneração e unidades de reciclagem de fluidos frigoríficos;
- Conscientização do setor por meio da divulgação de boas práticas e tecnologias alternativas de zero PDO e baixo GWP;
- Projeto de Assistência Técnica com Pequenas e Médias Empresas (PMEs) e Fornecedores de Componentes do setor de refrigeração comercial;
- Projetos de conversão tecnológica de empresas do setor de refrigeração e ar condicionado;
- Projetos de conversão industrial de empresas, que operam no subsetor de espuma rígida.

## **1.4 O IBAMA e o Cadastro Técnico Federal**

O IBAMA é a instituição responsável pelo controle da produção, importação, exportação e consumo de Substâncias que Destroem a Camada de Ozônio (SDOs) no País. O Instituto estabelece as cotas de importação das substâncias; é responsável pela anuência de licenças de importação e pelo cadastro de todas as pessoas físicas e jurídicas manipuladoras de SDOs; realiza o monitoramento do comércio e utilização dessas substâncias; e atua na fiscalização do setor, garantindo que o Brasil atenda aos limites estabelecidos pelo Protocolo e pela legislação brasileira.

A Lei nº. 6.938, de 31 de agosto de 1981, instituiu o Cadastro Técnico Federal de Atividades Potencialmente Poluidoras ou Utilizadoras de Recursos Ambientais (CTF), que é gerenciado pelo IBAMA. O Cadastro tem por objetivo prover informações sobre as pessoas físicas e

jurídicas que interferem direta ou indiretamente no meio ambiente, impactando a sua qualidade, assim como sobre as atividades potencialmente poluidoras que realizam e as matérias-primas, produtos e resíduos dos processos produtivos.

## 1.5 A legislação brasileira e o Protocolo de Montreal

O Quadro 2 apresenta a relação de atos normativos que formam o respaldo legal para o controle e eliminação das SDOs.

**Quadro 2** – Atos normativos referentes ao controle de SDOs

| Ano  | Dispositivo  | Órgão                     | Objeto   |
|------|--|---------------------------|--|
| 1981 | Lei Federal nº. 6.938/90, de 31 de agosto de 1981    | Presidência               | Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, cria o Cadastro Técnico Federal de Atividades Potencialmente Poluidoras ou Utilizadoras de Recursos Ambientais, para registro de pessoas físicas ou jurídicas que se dedicam a atividades potencialmente poluidoras e/ou à extração, produção, transporte e comercialização de produtos potencialmente perigosos ao meio ambiente, assim como de produtos e subprodutos da fauna e flora. |
| 1988 | Portaria nº. 534, de 19 de setembro de 1988          | Ministério da Saúde       | Proibiu a fabricação e a comercialização de produtos cosméticos, de higiene, de uso sanitário doméstico e perfumes sob a forma de aerossóis que contivessem CFC.   |
| 1991 | Portaria nº. 929, de 04 de outubro de 1991           | Interministerial          | Criou o Grupo de Trabalho do Ozônio (GTO): composto por órgãos do Governo e por entidades da iniciativa privada, exercendo a função de comitê técnico-consultivo sobre ações para a Proteção da Camada de Ozônio.  |
| 1995 | Resolução nº. 13, de 13 de dezembro de 1995          | CONAMA*                   | Estabeleceu um cronograma de eliminação do consumo das substâncias do Anexo A, de acordo com os diferentes usos.   |
| 1998 | Lei Federal nº. 9.605, de 12 de fevereiro de 1998    | Presidência               | Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente.  |
| 1999 | Decreto nº. 3.179, de 21 de setembro de 1999         | Presidência               | Dispõe sobre a especificação das sanções aplicáveis às condutas e atividades lesivas ao meio ambiente.   |
| 2000 | Lei nº. 10.165, de 27 de dezembro de 2000            | Presidência               | Altera a Lei nº. 6.938/81, que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente.  |
| 2000 | Resolução nº. 267, de 14 de setembro de 2000         | CONAMA                    | Estabelece cronograma de eliminação do uso e importação de substâncias constantes dos Anexos A e B do Protocolo de Montreal.   |
| 2002 | Instrução Normativa nº. 1, de 10 de setembro de 2002 | MAPA**, ANVISA*** e IBAMA | Estabelece cronograma de eliminação do uso de brometo de metila.   |

**Quadro 2** – Atos normativos referentes ao controle de SDOs (Continuação)

| Ano  | Dispositivo   | Órgão                         | Objeto  |
|------|---|-------------------------------|---|
| 2003 | Decreto de 6 de março de 2003   | Presidência                   | Cria o Comitê Executivo Interministerial para a Proteção da Camada de Ozônio, com a finalidade de estabelecer diretrizes e coordenar as ações relativas à proteção da Camada de Ozônio.                       |
| 2003 | Resolução nº. 340, de 25 de setembro de 2003  | CONAMA                        | Proíbe o uso de cilindros descartáveis na comercialização de CFC-12, CFC-114, CFC-115, R-502 e dos halons H-1211, H-1301 e H-2402.  |
| 2004 | Instrução Normativa nº. 37, de 29 de junho de 2004<br>( <i>Em processo de revisão</i> )   | IBAMA                         | Estipulou a obrigação de registro no Cadastro Técnico Federal (CTF) de todo produtor, importador, exportador, comercializador e usuário de quaisquer das substâncias, controladas pelo Protocolo de Montreal. |
| 2008 | Instrução Normativa nº. 207, de 19 de novembro de 2008  | IBAMA                         | Dispõe sobre o controle das importações dos Hidroclorofluorcarbonos – HCFCs e misturas contendo HCFCs, durante os anos de 2009 a 2012.  |
| 2008 | Resolução nº. 88, de 25 de novembro de 2008   | Diretoria Colegiada da ANVISA | Proíbe a partir de 1º de janeiro de 2011, a produção e a importação de medicamentos inaladores de dose medida que utilizem CFC como gás propelente.   |
| 2010 | Portaria nº. 41, de 25 de fevereiro de 2010; Portaria nº. 75, de 30 de março de 2010; e Portaria nº. 319, de 30 de agosto de 2010 | MMA                           | Estabeleceu o Grupo de Trabalho sobre HCFCs, que tem por objetivo contribuir para a elaboração e execução do Programa Brasileiro de Eliminação dos HCFCs e seus respectivos projetos.                         |
| 2012 | Portaria nº. 212, de 26 junho de 2012   | MMA                           | Institui o Programa Brasileiro de Eliminação dos HCFCs - PBH no âmbito do Plano Nacional sobre Mudança do Clima.  |
| 2012 | Instrução Normativa nº. 14, de 20 de dezembro de 2012<br>( <i>Em processo de revisão</i> )  | IBAMA                         | Dispõe sobre o controle das importações de Hidroclorofluorcarbonos - HCFCs e de misturas contendo HCFCs, em atendimento à Decisão XIX/6 do Protocolo de Montreal, e dá outras providências.                   |

\*CONAMA = Conselho Nacional de Meio Ambiente

\*\*MAPA = Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

\*\*\*ANVISA = Agência Nacional de Vigilância Sanitária

**Nota:** Os instrumentos legais relacionados à eliminação e ao manuseio adequado das substâncias que destroem a Camada de Ozônio e de outras substâncias controladas pelo Protocolo de Montreal podem ser obtidos em suas versões mais recentes nos seguintes websites: [www.boaspraticasrefrigeracao.com.br](http://www.boaspraticasrefrigeracao.com.br) e [www.mma.gov.br/ozonio](http://www.mma.gov.br/ozonio).

## 1.6 A Camada de Ozônio – suas causas e efeitos

O ozônio ( $O_3$ ) é um dos gases mais importantes que compõe a atmosfera e cerca de 90% de suas moléculas se concentram entre 20 e 35 km de altitude, região denominada Camada de Ozônio. Sua importância está no fato de ser o único gás que filtra a radiação ultravioleta do tipo B (UV-B), nociva aos seres vivos.

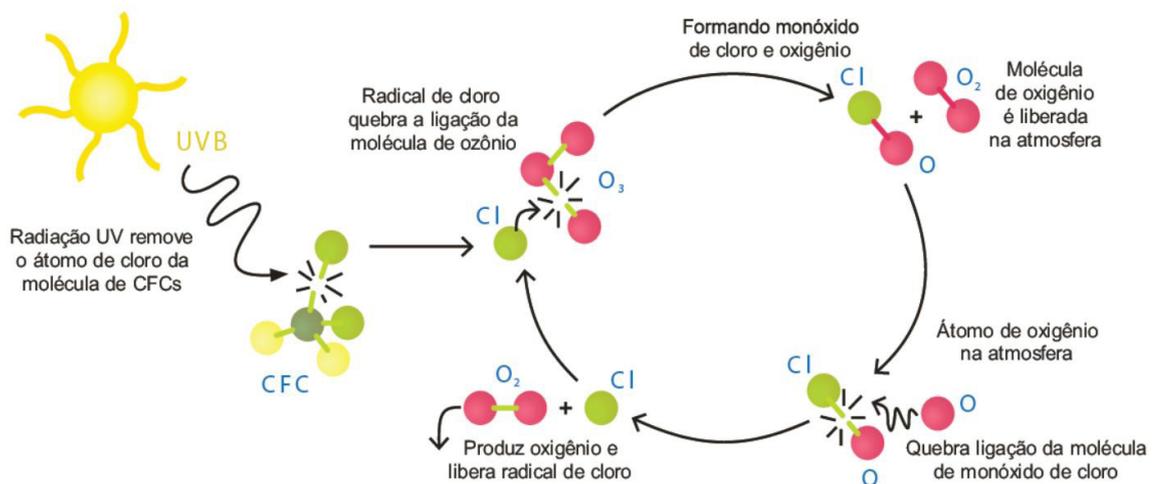
O ozônio tem funções diferentes na atmosfera, em função da altitude em que se encontra. Na estratosfera, o ozônio é criado quando a radiação ultravioleta, de origem solar, interage com a molécula de oxigênio, quebrando-o em dois átomos de oxigênio (O). O átomo de oxigênio liberado une-se a uma molécula de oxigênio ( $O_2$ ), formando assim o ozônio ( $O_3$ ). Na região estratosférica, 90% da radiação ultravioleta do tipo B é absorvida pelo ozônio. Ao nível do solo, na troposfera, o ozônio perde a sua função de protetor e se transforma em um gás poluente, responsável pelo aumento da temperatura da superfície, junto com o óxido de carbono (CO), o dióxido de carbono ( $CO_2$ ), o metano ( $CH_4$ ) e o óxido nitroso ( $N_2O$ ).

Nos seres humanos a exposição à radiação UV-B está associada aos riscos de danos à visão, ao envelhecimento precoce, à supressão do sistema imunológico e ao desenvolvimento do câncer de pele. Os animais também sofrem as consequências do aumento da radiação. Os raios ultravioletas prejudicam estágios iniciais do desenvolvimento de peixes, camarões, caranguejos e outras formas de vida aquáticas e reduzem a produtividade do fitoplâncton, base da cadeia alimentar aquática, provocando desequilíbrios ambientais.

### Buraco na Camada de Ozônio

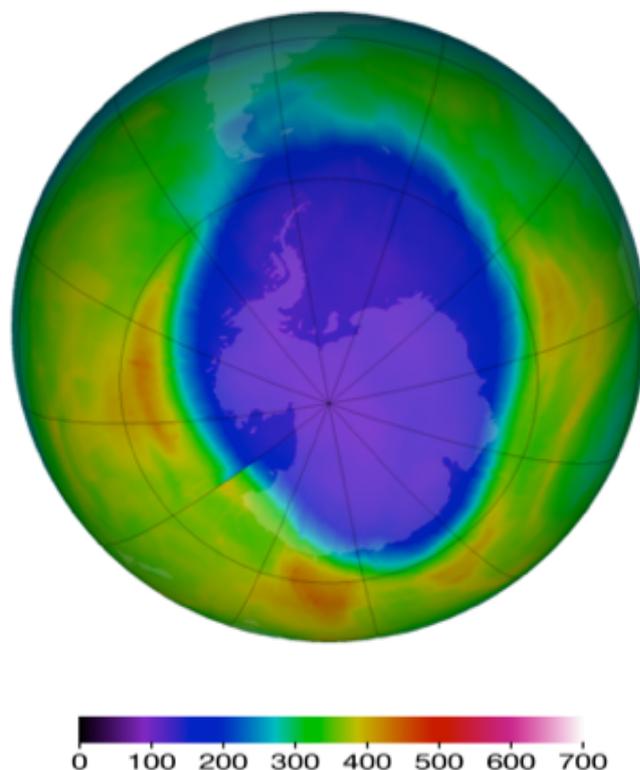
A Figura 1 apresenta um esquema didático de como a molécula de ozônio é destruída.

**Figura 1** - Mecanismo de destruição da molécula de ozônio



No início da década 1980 descobriu-se uma queda acentuada na concentração do ozônio sobre o continente antártico, fenômeno que se convencionou chamar de “Buraco da Camada de Ozônio”. Na Figura 2 é possível visualizar a extensão da rarefação da Camada de Ozônio sobre a região da Antártica em setembro de 2016. A cor tendendo do azul para o violeta indica a baixa concentração de ozônio, a qual é medida em unidades *Dobson*.

**Figura 2** - Concentração de ozônio (Unidades *Dobson*)



Fonte: *National Aeronautics and Space Administration (NASA)*, Setembro de 2016.

## 2 Importância de recolher, reciclar e regenerar fluidos frigoríficos e reduzir vazamentos

A atividade de recolhimento, reciclagem e regeneração de fluidos frigoríficos surge como iniciativa capaz de proporcionar ao mercado o atendimento da demanda do setor por fluidos frigoríficos em face das ações que estão sendo executadas para o cumprimento das metas estabelecidas pelo Protocolo de Montreal.

O recolhimento dos fluidos tem como objetivo principal evitar que SDOs sejam lançadas na atmosfera, destruindo a Camada de Ozônio e contribuindo para o aquecimento global. Por outro lado, surge como importante alternativa para o suprimento de substâncias voltadas para o setor de manutenção de equipamentos de refrigeração e ar condicionado. Neste sentido, o fluido deve ser recolhido e tratado por meio da reciclagem ou regeneração, para que posteriormente possa ser reutilizado, diminuindo a demanda por fluidos novos (virgens) importados e, consequentemente, o consumo brasileiro de SDOs.

A detecção e eliminação de vazamentos também se tornam ações primordiais, visto que existe um grande potencial para a redução dos vazamentos nos equipamentos de refrigeração comercial existentes. A instalação incorreta leva a emissões involuntárias, a elevadas contas de energia elétrica, prejudica a circulação de ar e causa problemas de manutenção. Portanto, a instalação adequada de sistemas de refrigeração comercial é altamente positiva e necessária. Boas práticas de manutenção durante o reparo dos sistemas de refrigeração comercial em combinação com a adoção de medidas de segurança e práticas de recolhimento, reciclagem e reutilização do fluido frigorífico trará satisfação ao cliente ao mesmo tempo em que contribui para a redução dos vazamentos e a proteção do meio ambiente.

Neste sentido, a capacitação e o aperfeiçoamento da mão-de-obra existente constituem importantes medidas que devem ser adotadas para o setor, a partir de uma abordagem didática e simples, com treinamentos voltados para o aprendizado prático.



# 3 Segurança na refrigeração

O trabalho com sistemas de refrigeração expõe os técnicos do setor ao contato direto com máquinas, componentes, equipamentos, energia elétrica, gases, óleos, entre outros, propiciando riscos à saúde e a segurança pessoal.

## Recomendações gerais quanto à segurança:

- Utilizar a norma ABNT NBR 16069 (Segurança em sistemas frigoríficos);
- O acesso à casa de máquinas deverá sempre estar livre;
- Utilizar a norma ABNT NBR 13598 (Vasos de pressão para refrigeração);
- Utilizar cilindros adequados para o recolhimento, conforme a Resolução CONAMA n°. 340 e a norma ABNT NBR ISO 4706;
- Proceder o recolhimento, reciclagem e regeneração, conforme a norma ABNT NBR 15960 (3Rs);
- No caso de trabalhos elétricos, a norma ABNT NBR 5410 deverá ser adotada;
- Relógio, brincos, piercing, pulseiras, anéis, colares e outros acessórios devem ser retirados antes do início das atividades. No caso de cabelos longos, estes devem ser amarrados;
- O serviço somente poderá ser realizado por pessoal devidamente qualificado, portando Equipamentos de Proteção Individual (EPIs) e com o emprego de máquinas e ferramentas em bom estado de conservação e qualidade.

## 3.1 Equipamentos de Proteção Individual – EPIs

Nas Figuras de 3 a 17 são apresentados os principais EPIs utilizados para as boas práticas de refrigeração, cujo grau de proteção deverá estar apropriado à tarefa a ser executada.

**Figura 3** - Exemplo de luvas de trabalho antiderrapantes



**Figura 4** - Exemplo de luvas para trabalho com fluido frigorífico



**Figura 5** - Exemplo de luvas para trabalho com brasagem



**Figura 6** - Exemplo de avental para trabalho com brasagem



**Figura 7** - Exemplo de calçados de segurança



**Figura 8** - Exemplo de macacão, calça e casaco para trabalho normal



**Figura 9** - Exemplo de óculos de segurança com proteção lateral



**Figura 10** - Exemplo de óculos de segurança com proteção de cobertura total



**Figura 11** - Exemplo de protetor para audição (abafador)



**Figura 12** - Exemplo de protetor para audição (auricular)



**Figura 13** - Exemplo de máscara para respiração descartável



**Figura 14** - Exemplo de máscara para respiração reutilizável com manutenção dos filtros



**Figura 15** - Exemplo de conjunto para respiração autônoma



**Figura 16** - Exemplo de capacete de segurança



**Os seguintes EPIs são de uso obrigatório nos treinamentos:**

- Luvas de trabalho antiderrapantes;
- Luvas, avental e camisa de manga comprida para trabalho com brasagem;
- Calçados de segurança;
- Calça comprida;
- Óculos de segurança com proteção lateral;
- Máscara para respiração descartável.

**Figura 17** - Exemplo de roupa de encapsulamento completo



## 3.2 Segurança durante o trabalho em sistemas de refrigeração comercial

**Durante a manutenção e/ou a instalação de sistemas de refrigeração comercial, devem ser tomadas as seguintes medidas básicas de segurança:**

1. O manual de manutenção e/ou a apostila de treinamento devem ser mantidos próximos para consulta;
2. Somente utilize peças de reposição recomendadas;
3. Sempre verifique as pressões de operação corretas dos fluidos frigoríficos;
4. Utilize somente manômetros de pressão calibrados;
5. Faça a carga apenas pelo lado de baixa pressão do sistema;
6. Assegure que todo o fluido frigorífico tenha sido recolhido.

### 3.2.1 Segurança de ferramentas e equipamentos

1. As ferramentas e equipamentos devem ser mantidos e inspecionados regularmente;
2. Somente utilize ferramentas adequadas para a realização do trabalho;
3. As ferramentas e equipamentos devem ser operados de acordo com as recomendações dos fabricantes;
4. Lâminas de arco de serra, brocas e outras ferramentas devem apresentar bom estado de conservação;
5. Os técnicos que operam as ferramentas e equipamentos têm a responsabilidade pessoal de usá-los corretamente e com cuidado.

## 3.2.2 Segurança ao usar ferramentas elétricas

1. Desligue os equipamentos quando não estiverem em uso, antes da manutenção e limpeza ou durante a troca de componentes;
2. Pessoas não envolvidas com o trabalho devem ser mantidas à distância do local;
3. Manuseie as ferramentas sempre com as duas mãos;
4. Não mantenha a mão sobre o interruptor da ferramenta elétrica;
5. Mantenha as ferramentas em bom estado de conservação e sempre limpas;
6. Remova ferramentas elétricas danificadas, identificando-as com a seguinte mensagem: “Não utilizar”;
7. Não transporte ou puxe ferramentas portáteis pelo cabo elétrico;
8. Não puxe o cabo elétrico para desligar a ferramenta elétrica;
9. Mantenha os cabos longe de fontes de calor, óleo e objetos cortantes;
10. Substitua os cabos danificados imediatamente.

## 3.2.3 Segurança elétrica

1. Os componentes elétricos do sistema de refrigeração comercial devem estar aterrados para proteção contra os choques elétricos;
2. Ferramentas elétricas e cabos de extensão normalmente apresentam três terminais conectados aos cabos elétricos. Estes terminais nunca devem ser cortados ou removidos, deixando o cabo elétrico “nu”;
3. Técnicos devem estar cientes dos potenciais riscos e das precauções que devem ser tomadas para redução dos riscos de acidentes.

## 3.3 Recomendações de segurança para o manuseio de fluidos frigoríficos

O manuseio de qualquer tipo de fluido frigorífico nos cilindros de armazenagem e reciclagem é considerado uma prática perigosa. Por esse motivo, o trabalho deve ser executado seguindo normas rígidas de segurança e as orientações fornecidas pelo fabricante do fluido frigorífico.

**Para o uso seguro e adequado dos fluidos frigoríficos, certos requisitos são aplicáveis e devem ser cumpridos:**

- Sempre use óculos de segurança ao manusear fluidos frigoríficos. O contato com os olhos pode causar queimaduras graves. Em casos de acidentes, lave imediatamente os olhos com muita água e procure assistência médica;
- Sempre use luvas de proteção ao manusear fluidos frigoríficos. O fluido frigorífico no estado líquido e o lubrificante nele contido não devem entrar em contato com a pele.
- Em caso de contato, lave imediatamente a área afetada com bastante água e procure assistência médica. Luvas de couro e têxteis não são adequadas, por isso, dê preferência a luvas de fluorelastômeros.

**Cuidado:** Ao manusear fluidos frigoríficos redobre a atenção, pois na fase líquida podem causar queimaduras devido à baixa temperatura.

**Figura 18** - Exemplo de luva de proteção resistente aos fluidos frigoríficos e aos lubrificantes



**Figura 19** - Exemplo de mão afetada pelo contato com fluido frigorífico líquido



- Existe risco de asfixia quando fluidos frigoríficos vazam em ambientes com baixa renovação de ar. Por serem mais pesados do que o ar, a partir de uma certa concentração, em torno de 12% do volume de ar, haverá falta de oxigênio, podendo acarretar problemas como perda de consciência e cardiovasculares. Por conta disso, recomenda-se que todas as áreas de trabalho devem ser adequadamente ventiladas;

**Figura 20** - Exemplo de placa de sinalização de proibido fumar



- É proibido fumar ao manusear fluidos frigoríficos. A cinza de cigarros pode resultar na decomposição do fluido frigorífico causando a geração de substâncias tóxicas. Além disso, alguns fluidos frigoríficos podem ser inflamáveis;
- Riscos de incêndio também existem em sistemas que utilizam fluidos frigoríficos não inflamáveis. O incêndio pode ser causado por meio da ignição de resíduos de óleo e o material de isolamento, bem como pela névoa de óleo na ocorrência de vazamentos de grandes proporções.

### **Primeiros Socorros em caso de acidentes**

No caso de ferimentos e queimaduras causados pelo contato do fluido frigorífico líquido com a pele, deve-se remover a roupa e lavar a área afetada com água limpa. No caso dos olhos, recomenda-se lavá-los continuamente por 15 a 20 minutos. Em seguida, a pessoa deve procurar assistência médica profissional. No caso de asfixia, deve-se imediatamente oferecer os primeiros socorros e entrar em contato com os serviços de emergência (SAMU ou Corpo de Bombeiros).

Se o técnico sofrer um choque elétrico, outras pessoas ao redor não deverão tocá-lo até que a fonte de alimentação de energia elétrica esteja desconectada. Em seguida, ofereça os primeiros socorros e encaminhe para assistência médica adequada.

## 3.4 Cilindros de fluido refrigerante

Os fluidos refrigerantes devem ser recolhidos em um cilindro adequado, conforme a ABNT NBR ISO 4706/2012 e a Resolução CONAMA n°. 340/2003.

A Resolução CONAMA n°. 340, de 25 de setembro de 2003, que dispõe sobre a utilização de cilindros retornáveis para o armazenamento de gases que destroem a Camada de Ozônio, é de cumprimento obrigatório em todo o território nacional.

Esta resolução proíbe a liberação dos fluidos refrigerantes controlados pelo Protocolo de Montreal na atmosfera. Ela também estabelece que os cilindros e as máquinas de recolhimento deverão ser projetados para conter dispositivo antitransbordamento. Este dispositivo irá, automaticamente, limitar o nível máximo do fluido refrigerante transferido, respeitando o nível de oitenta por cento do seu volume líquido.

**Cuidado:** Nunca se deve misturar fluidos refrigerantes diferentes, armazenando-os em um mesmo cilindro.

**Importante:** Somente utilize cilindros de recolhimento adequados e especificadamente projetados para armazenamento de fluidos refrigerantes, em conformidade com a legislação vigente.

Os recipientes destinados ao manuseio de fluido refrigerante (cilindros de serviço para recolhimento, cilindros de serviço para carga, etc.) e atividades devem atender às seguintes normas: ABNT NBR 13598/2011 (Vasos de Pressão para Refrigeração), ABNT NBR 15960/2011 (Fluidos refrigerantes – Recolhimento, reciclagem e regeneração – 3Rs) e DOT 4BA (norma que informa tipo, capacidade e pressão de trabalho dos cilindros).

**Figura 21** - Exemplo de cilindro retornável para recolhimento de fluido refrigerante



- 1 Cilindro de recuperação de fluido refrigerante DOT 4BA padrão (Estados Unidos) sem OFP (proteção contra transbordamento)
- 2 Interruptor de flutuador de nível de líquido para conexão da unidade de recolhimento (kit de instalação do cilindro)
- 3 Cilindro de recolhimento de fluido refrigerante DOT 4BA padrão (Estados Unidos) com OFP (proteção contra transbordamento)
- 4 Válvula de líquido/vapor (válvula dupla) com válvula de segurança interna

Normalmente, os fluidos frigoríficos virgens são vendidos em cilindros descartáveis. Esses cilindros nunca devem ser reutilizados para atividades de recolhimento e devem ser descartados após o uso, conforme a legislação ambiental vigente.

**Cuidado:** Nunca se deve reutilizar cilindros descartáveis para o recolhimento de fluido frigorífico, pois eles podem causar graves acidentes, devido à sua estrutura mecânica não ser apropriada para tal finalidade e pela ausência de válvula de segurança, com risco de rompimento do cilindro.

**O cilindro com fluido frigorífico retornável deve conter, pelo menos, as seguintes identificações:**

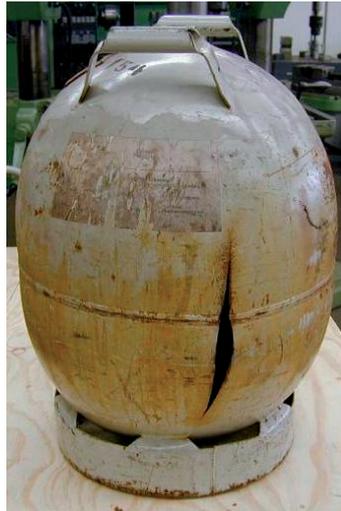
- Informações da empresa fornecedora e/ou do envasador credenciado: nome, CNPJ, contato, etc.;
- Lacre inviolável com o logotipo do fornecedor;
- Tipo do fluido frigorífico, lote, peso bruto, tara e líquido.

## 3.5 Manuseio de cilindros de fluido frigorífico

- Os cilindros devem ser transportados pelo técnico com cuidado e fixados em local firme para evitar tombamento ou rotação;
- Não arremesse os cilindros de fluido frigorífico para não deformá-los. Na ocorrência de rupturas, ocorrerá a evaporação súbita do fluido em todas direções, podendo causar acidentes. O mesmo raciocínio se aplica à válvula do cilindro quando quebrada. Portanto, cilindros somente podem ser transportados com a utilização de cobertura aparafusada sobre a tampa da válvula;
- Cilindros de fluido frigorífico não podem ser armazenados nas proximidades de dissipadores de calor. As temperaturas mais elevadas resultam em pressões mais elevadas, havendo perigo da pressão máxima admissível do cilindro ser excedida. Diretrizes para vasos de pressão especificam que temperaturas superiores a 50°C não devem ser excedidas;
- Não guarde os cilindros em local de elevada temperatura ou exposto ao sol;
- Nunca aqueça os cilindros de fluido frigorífico com chama aberta, para não danificar o material ou decompor o fluido frigorífico (no caso de temperaturas extremamente altas);
- Mantenha as válvulas fechadas de cilindros vazios para impedir a penetração de umidade;
- Verifique atentamente as informações contidas no rótulo dos cilindros;
- Códigos de segurança recomendam que os cilindros não devem ser preenchidos com mais de 80% do seu volume de líquido;
- Não misture tipos diferentes de fluidos frigoríficos ou coloque um fluido frigorífico em cilindros rotulados para outra substância;
- Utilize apenas cilindros limpos, livre de contaminação por óleo, ácido, umidade, etc.;
- Verifique visualmente cada cilindro antes do uso e assegure que estejam testados regularmente quanto à pressão;
- Os cilindros de recolhimento apresentam uma indicação específica, que não deve ser confundida com a do cilindro para fluido frigorífico virgem;

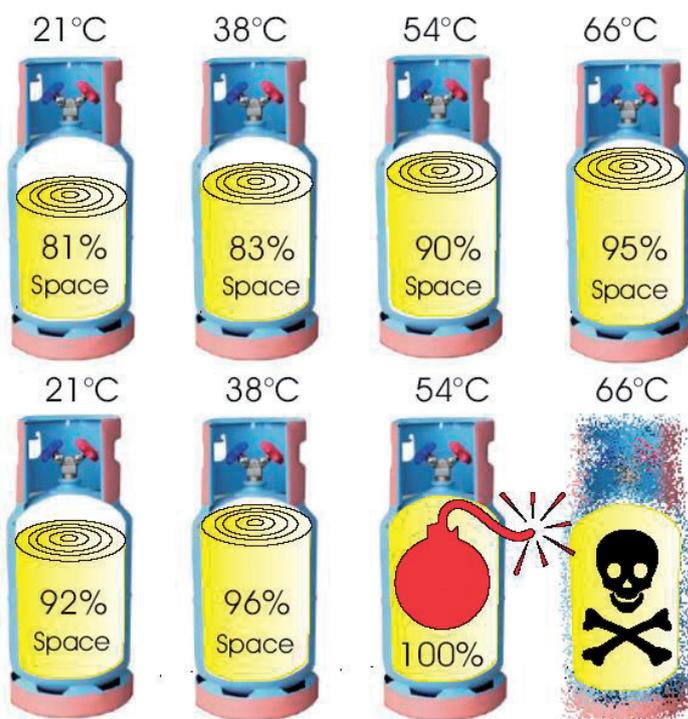
- Os cilindros contendo fluidos frigoríficos contaminados deverão ser devidamente rotulados;
- O óleo de refrigeração, usado nas instalações que utilizam halogenados, é considerado resíduo perigoso, sendo proibida a sua mistura com outros tipos de óleos ou substâncias. O armazenamento e descarte adequado deve estar em conformidade com as resoluções CONAMA nº. 362, de 23 de junho de 2005, e CONAMA nº. 450, de março de 2012.

**Figura 22** - Exemplo de cilindro rompido após ter ultrapassado o limite de pressão máxima



**Cuidado:** O fluido frigorífico se expande ao ser aquecido, podendo haver explosão do cilindro no caso de enchimento acima do permitido.

**Figura 23** - Exemplo de temperatura do cilindro e do espaço de expansão do líquido interno



Começando com o cilindro 80% cheio em volume

Começando com o cilindro 90% cheio em volume

## 3.6 Referências normativas

O Quadro 3 apresenta referências de normas técnicas nacionais e internacionais relacionadas à utilização de fluidos frigoríficos em sistemas de refrigeração e ar condicionado.

**Quadro 3** - Referências normativas

| Norma  | Título  |
|--|---|
| ABNT NBR 16186/2013                                | Refrigeração comercial, detecção de vazamentos, contenção de fluido frigorífico, manutenção e reparos.  |
| ABNT NBR 13598/2011                                | Vasos de Pressão para Refrigeração.   |
| ABNT NBR 15976/2011                                | Redução das emissões de fluidos frigoríficos halogenados em equipamentos de refrigeração e ar condicionado – Requisitos gerais e procedimentos.   |
| ABNT NBR 15960/2011                                | Fluidos frigoríficos – Recolhimento, reciclagem e regeneração (3R).   |
| ABNT NBR 16069/2010                                | Segurança em sistemas frigoríficos.   |
| ABNT NBR 16666/2017                                | Fluidos frigoríficos - Designação e classificação de segurança.   |
| ABNT NBR 16667/2017                                | Especificações para fluidos frigoríficos.   |
| ABNT NBR 5410/2008                                 | Instalações elétricas de baixa tensão.  |
| EN 378 Part 1 - 4/2016                             | <i>Refrigeration System and Heat Pumps-Safety and Environmental Requirements.</i>   |
| ISO 13585 - 2012                                   | <i>Qualification test of brazers and brazing operations.</i>  |
| NBR ISO 4706/2008                                  | Cilindro de gás – Cilindros recarregáveis, de aço, com costura – Pressão de ensaio menor ou igual a 60 bar.   |
| ANSI/ASME B31.5/2006                               | <i>Refrigeration Piping and Heat transfer Components – American Society of Mechanical Engineers.</i>  |
| ISO 5149/1993                                      | Requerimentos de segurança – Sistemas Mecânicos de Refrigeração Usados para Arrefecimento e Aquecimento (tradução pelo grupo de Componentes para Refrigeração e Condicionamento de Ar, ABIMAQ, 1995). |
| ANSI/ASHRAE 15/2016                                | <i>Safety Code for Mechanical Refrigeration.</i>  |
| ANSI/IIAR 2/1999                                   | <i>Equipament, Design, and Installation of Ammonia Mechanical Refrigeration Systems.</i>  |
| BS 4434 Part 1 - 1989                              | <i>General Specifications of Requirements for Refrigeration Safety, (mais três normas específicas de mesmo código).</i>   |
| ASME Boiler and Pressure Vessel Code, Section VIII | <i>Rules for Construction of Pressure Vessels, Division 1, 1989.</i>  |
| B52-M 1983   | Mechanical Refrigeration Code.  |

# 4 Fluidos frigoríficos

## 4.1 Classificação dos fluidos frigoríficos

Os fluidos frigoríficos são classificados de acordo com as características de toxicidade e inflamabilidade, estabelecidas na norma ABNT NBR 16666/2017. A classificação de segurança serve para determinar como o fluido deve ser usado, por exemplo, sua aplicabilidade em lugares ocupados ou a quantidade máxima permitida para espaços confinados. A classificação de segurança consiste em dois dígitos alfanuméricos, onde o símbolo alfabético indica a toxicidade e o numeral a inflamabilidade.

### **Classificação de toxicidade:**

**Classe A:** menor grau de toxicidade

**Classe B:** maior grau de toxicidade

### **Classificação de inflamabilidade:**

**Classe 1:** sem a propagação da chama

**Classe 2:** menor inflamabilidade “levemente inflamável”

**Classe 3:** maior inflamabilidade

**Quadro 4** - Classificação do grupo de segurança dos fluidos frigoríficos

|                                 |                       | Grupo de Segurança                |                  |     |
|---------------------------------|-----------------------|-----------------------------------|------------------|-----|
|                                 |                       | A3                                |                  | B3  |
| AUMENTO DA INFLAMABILIDADE<br>↑ | Maior inflamabilidade |                                   |                  |     |
|                                 | Menor inflamabilidade | Velocidade de propagação > 10cm/s | A2               | B2  |
|                                 |                       | Velocidade de propagação ≤ 10cm/s | A2L              | B2L |
| Sem a propagação de chama       |                       | A1                                | B1               |     |
|                                 |                       | Menor toxicidade                  | Maior toxicidade |     |
|                                 |                       | AUMENTO DA TOXICIDADE<br>→        |                  |     |

## 4.2 Fluidos frigoríficos usados em sistemas de refrigeração comercial

### 4.2.1 CFCs

**Quadro 5** - Dados de CFCs

| Fluido Frigorífico            | PDO* | GWP** (100 anos) | Grupo de segurança |
|-------------------------------|------|------------------|--------------------|
| R11                           | 1,00 | 4750             | A1                 |
| R12                           | 1,00 | 10.900           | A1                 |
| R13                           | 1,00 | 14.400           | A1                 |
| R114                          | 1,00 | 10.000           | A1                 |
| R502 (48,8% R22 + 51,2% R115) | 0,33 | 4.657            | A1                 |

\*PDO – Potencial de Destruição do Ozônio

\*\*GWP – Potencial de Aquecimento Global

## 4.2.2 HCFCs

Quadro 6 - Dados de HCFCs

| Fluido Refrigerante | Substituto do | PDO   | GWP (100 anos) | Grupo de segurança |
|---------------------|---------------|-------|----------------|--------------------|
| R22                 | R502          | 0,055 | 1810           | A1                 |
| R123                | R11           | 0,02  | 77             | B1                 |
| R124                | R114          | 0,022 | 609            | A1                 |
| R142b               | R12           | 0,065 | 2310           | B1                 |

## 4.2.3 HCFC/HFC (alternativas transitórias)

Quadro 7 - Dados de misturas utilizadas como alternativas transitórias

| Fluido Refrigerante | Composição     | Substituto do | PDO   | GWP (100 anos) | Grupo de segurança |
|---------------------|----------------|---------------|-------|----------------|--------------------|
| R401A               | R22/152a/124   | R12           | 0,037 | 1180           | A1                 |
| R401B               | R22/152a/124   |               | 0,04  | 1290           | A1                 |
| R409A               | R22/142b/124   |               | 0,048 | 1580           | A1                 |
| R413A               | R134a/218/600a |               | 0     | 2050           | A2                 |
| R402A               | R22/125/290    | R502          | 0,021 | 2790           | A1                 |
| R402B               | R22/125/290    |               | 0,033 | 2420           | A1                 |
| R403B               | R22/218/290    |               | 0,031 | 4460           | A1                 |
| R408A               | R22/143a/125   |               | 0,026 | 3150           | A1                 |

Quadro 8 - Dados de HFCs

| Fluido Refrigerante | PDO | GWP (100 anos) | Grupo de segurança |
|---------------------|-----|----------------|--------------------|
| R134a               | 0   | 1430           | A1                 |
| R152a               |     | 124            | A2                 |
| R125                |     | 3500           | A1                 |
| R143a               |     | 4470           | A2                 |
| R32                 |     | 675            | A2L                |

## 4.2.4 Misturas (alternativas de médio prazo)

Quadro 9 - Dados de misturas utilizadas como alternativas de médio prazo

| Fluido Refrigerante | Composição                | PDO | GWP (100 anos) | Grupo de segurança |
|---------------------|---------------------------|-----|----------------|--------------------|
| R407C               | R32/125/134a              | 0   | 1774           | A1                 |
| R407F               | R32/125/134a              |     | 1824           | A1                 |
| R410A               | R32/125                   |     | 2088           | A1                 |
| R417A               | R125/134a/600             |     | 2346           | A1                 |
| R422D               | R125/134a/600a            |     | 2729           | A1                 |
| R404A               | R125/143a/134a            |     | 3922           | A1                 |
| R422A               | R134aa/125/600A           |     | 3143           | A1                 |
| R438A               | R32/R125/R134a/R600/R601a |     | 2264           | A1                 |

## 4.2.5 Fluidos Naturais

Quadro 10 - Dados dos fluidos naturais

| Fluido Refrigerante | Composição                         | PDO | GWP (100 anos) | Grupo de segurança |
|---------------------|------------------------------------|-----|----------------|--------------------|
| R600a               | CH (CH <sup>3</sup> ) <sup>3</sup> | 0   | 3              | A3                 |
| R717                | NH <sup>3</sup>                    |     | 0              | B2L                |
| R723                | NH <sup>3</sup> /R-E170            |     | 8              | B2                 |
| R290                | C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>      |     | 3              | A3                 |
| R1270               | C <sub>3</sub> H <sub>6</sub>      |     | 3              | A3                 |
| R744                | CO <sub>2</sub>                    |     | 1              | A1                 |

# 5 Operação com tubulações

## 5.1 Tubulações

Os tubos para fluidos frigoríficos utilizados em refrigeração normalmente possuem paredes muito finas para serem rosqueadas, por isso são usados outros métodos para a junção, como, por exemplo, conexão por flange e junção por brasagem, o que demanda métodos e ferramentas adequadas para o trabalho.

## 5.2 Ferramentas e equipamentos para o manuseio com tubulações

### 5.2.1 Cortador de tubos

Para cortar corretamente a tubulação, é necessário o uso de um cortador de tubos. Não utilize arco de serra para realizar a operação, pois irá produzir limalhas dentro da tubulação e imperfeições na região do corte.

Ao utilizar o cortador de tubos, encaixe o tubo entre as duas roldanas do cortador e encoste o disco de corte no tubo aplicando pouca pressão. Para cortar, gire o cortador 360° ao redor do tubo, e, conforme o cortador for ficando mais leve ao se girar ao redor do tubo, aplique mais pressão. Cuidado para não aplicar uma pressão excessiva entre o disco de corte e o tubo, pois poderá amassar a tubulação ou danificar o disco de corte.

**Figura 24**

Exemplo de cortador para tubos com 6 a 35 mm de diâmetro

**Figura 25** - Exemplo de cortador de tubos com 3 a 16 mm de diâmetro

## 5.2.2 Cortador de tubos capilares

Ao utilizar o cortador, tenha cuidado para não obstruir ou deformar o diâmetro interno e o orifício do tubo, devendo ser previamente verificado o diâmetro do capilar, o tipo e a regulagem do cortador.

**Figura 26** - Exemplo de cortador de tubos capilares

## 5.2.3 Escareador

É um dispositivo utilizado para retirada de rebarbas para facilitar o processo de alargamento e flangeamento de tubos, que por sua vez contribui para reduzir as possibilidades de ocorrência de vazamentos.

**Cuidado:** Ao utilizar o escareador, o tubo deve estar de cabeça para baixo para evitar a entrada de limalhas.

**Figura 27** - Exemplo de escareador interno e externo para tubulação de cobre**Figura 28** - Exemplo de ferramenta para retirar rebarbas (a lâmina pode ser girada)

## 5.2.4 Esponja abrasiva e escova de encaixar

A esponja abrasiva é utilizada para acabamento externo do tubo e a escova de encaixar para acabamento interno.

**Figura 29** - Exemplos de esponjas abrasivas plásticas



**Figura 30** - Exemplo de escova de encaixar



**Cuidado:** Ao utilizar a escova de encaixar, o tubo deve estar de cabeça para baixo para evitar a entrada de limalhas.

## 5.2.5 Escova de aço

É utilizada para limpeza externa de tubos de cobre, aço, latão e alumínio.

**Figura 31** - Exemplo de escova de aço



## 5.2.6 Conexões por prensagem

Este tipo de conexão utiliza um alicate para prensar os conectores até a sua deformação e fixação na tubulação.

**Figura 32** - Exemplo de jogo de ferramentas com conexões, conectores e adaptadores



**Figura 33** - Exemplo de conector de tubo de cobre reto



**Figura 34** - Exemplo de conector de tubo em curva de 90°



**Figura 35** - Exemplo de conector para tubulação com redução



## 5.2.7 Espelho de inspeção de brasagem

Utilizado para a inspeção visual da brasagem em local de difícil visualização.

**Figura 36** - Exemplos de espelhos de inspeção



## 5.2.8 Conjunto flangeador e alargador

É composto por uma base de fixação de tubos de diversos diâmetros e por um cone com soquetes para flangeamento e alargamento de tubos.

**Figura 37** - Exemplo de conjunto base, cone e soquete para flangeamento



## 5.2.9 Curvador de tubos

Esta ferramenta permite o técnico curvar tubos sem estrangulamento e com bom acabamento.

Figura 38 - Exemplo de curvador de tubos



## 5.2.10 Equipamentos para brasagem

O equipamento mais comum para brasagem é o conjunto oxiacetileno, constituído por um cilindro de oxigênio (comburente), um cilindro de acetileno ou propano (combustível), reguladores de pressão, válvulas de segurança corta fogo, mangueiras, válvulas de retenção (unidirecionais) e maçarico.

Figura 39 - Exemplo de conjunto oxiacetileno



Figura 41 - Exemplo de unidade de brasagem com propano



Figura 40 - Exemplo de conjunto propano/oxigênio



**Figura 42** - Exemplo de unidade de brasagem com acetileno



**Figura 43** - Exemplo de conjunto cilindro de nitrogênio



**Nota:** Além do nitrogênio podem ser usados outros gases inertes como  $\text{CO}_2$  e HC para manter limpa a parte interna dos tubos durante o processo de brasagem.

## 5.2.11 Acendedor de maçarico

Sua função é criar uma faísca para o acendimento do maçarico de forma segura.

**Figura 44** - Exemplo de acendedor de maçarico



## 5.2.12 Regulador de pressão

O uso do regulador de pressão é essencial para evitar acidentes devido à falta de controle da pressão no momento da brasagem e pressurização do sistema de refrigeração.

**Figura 45** - Exemplo de regulador de pressão



**Tabela 3** - Características de reguladores de pressão

| Regulador de pressão                     | Pressão do cilindro (bar) | Pressão de trabalho (bar) | Norma técnica |
|--|---------------------------|---------------------------|---------------|
| Acetileno                                | 26                        | 0-2,5                     | EN ISO 2503   |
| Propano                                  | 10                        | 0-4                       | EN ISO 2503   |
| Oxigênio                                 | 200                       | 0-6                       | EN ISO 2503   |
| Nitrogênio                               | 200                       | 0-60                      | EN ISO 2503   |
| H <sub>2</sub> N <sub>2</sub> (5% / 95%) | 200                       | 0-16                      | EN ISO 2503   |

**Importante:** Dispositivos de segurança tais como válvulas de retenção e corta chama devem ser utilizados.

## 5.3 Curvas em tubulações de cobre/alumínio

A tubulação deve estar isolada em suas extremidades para garantir que estejam limpas e secas.

**Figura 46** - Exemplo de tubulação de cobre macio

### 5.3.1 Posição

O tubo deve ser inserido no canal de encaixe do curvador correspondente ao diâmetro do tubo de cobre.

**Figura 47** - Exemplo de curvador de tubos

O tubo deve ser fixado por meio da haste do curvador, após ter sido verificada a posição da curva a ser realizada.

**Figura 48** - Exemplo de haste para fixação do tubo no curvador de tubos



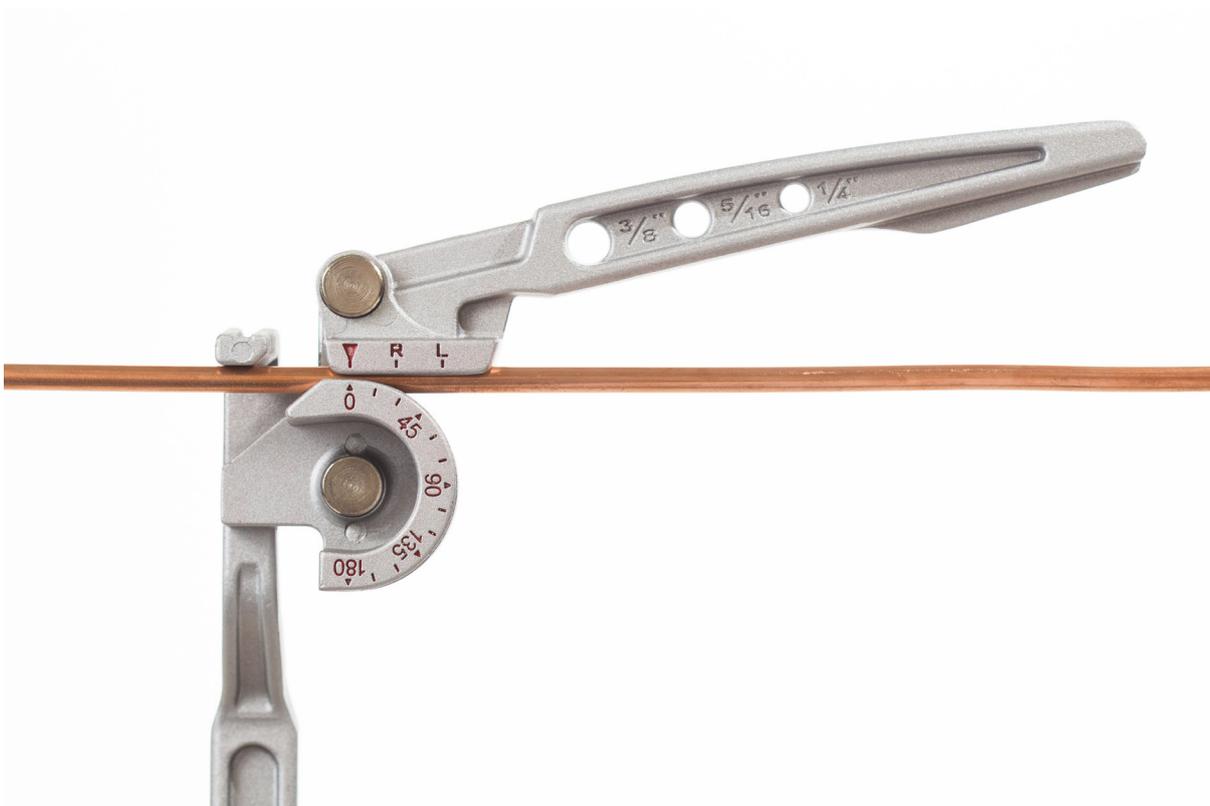
**Figura 49** - Fixando tubo no curvador



### 5.3.2 Posição inicial para realização da curva

Fixe a tubulação no curvador e desloque a haste do curvador até atingir o ângulo de curvatura desejado.

**Figura 50** - Posição inicial do curvador para realização da curva



### 5.3.3 Curvar o tubo

Puxe as hastes em um movimento suave e contínuo. O ângulo da curvatura será indicado pela escala do curvador.

Figura 51 - Movimentando a haste para curvatura



### 5.3.4 Remoção do tubo

Retire o tubo curvado abrindo as hastes e girando o tubo lateralmente de forma suave.

Figura 52 - Retirada do tubo



**Importante:** A tubulação deve ser projetada para utilizar o mínimo de curvas a fim de evitar o aumento da perda de carga.

## 5.4 Flangeamento

As uniões entre os tubos também podem ser realizadas por meio de conexões mecânicas chamadas de flanges, utilizadas muitas vezes em locais onde não se deseja ou não é permitida a introdução de calor.

### 5.4.1 Preparação para o flangeamento

Corte o tubo:

**Figura 53** - Cortando o tubo



Remova as rebarbas internas:

**Figura 54** - Removendo as rebarbas



Limpe a superfície do tubo:

**Figura 55** - Limpeza do tubo



## 5.4.2 Conjunto base-flangeador

A base para fixação de tubos possui locais para fixação de tubos de diâmetros diferentes, e o flangeador possui um cone que irá moldar o tubo após sua aplicação.

**Figura 56** - Exemplo de conjunto base-flangeador



Insira o tubo na base de fixação e deixe de 3 a 5 mm a face do tubo passando da base. Em seguida, encaixe o cone do flangeador na extremidade do tubo a ser flangeado.

**Figura 57** - Fixando tubo e flangeador na base



Alinhe o cone do flangeador e aperte a haste do flangeador no sentido horário até o cone atingir a face da base.

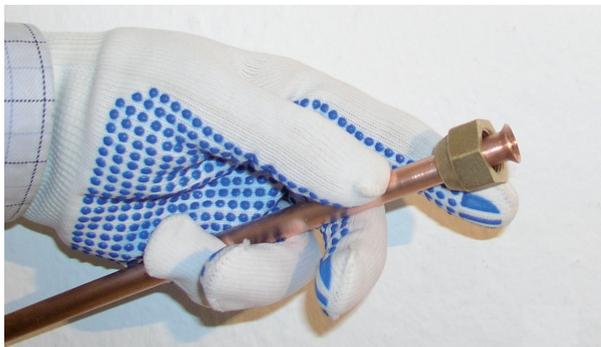
**Figura 58** - Flangeando o tubo



### 5.4.3 Inspecione seu trabalho

Retire o tubo da base e verifique se o tubo apresenta flange uniforme e sem cortes e deformações. Caso o flange não esteja aceitável, repita a operação.

**Figura 59** - Exemplo de flange



### 5.4.4 Montagem da porca e conexão união

Posicione a união na superfície flangeada e aproxime a porca.

**Figura 60** - Exemplo de flange e união



Aproxime a porca da união com a mão para garantir que o flange não esteja sofrendo esforços e, após a união ter encostado na porca, realize o aperto com chaves apropriadas.

**Figura 61** - Aperto do conjunto



As conexões flangeadas devem ficar restringidas ao uso de tubo recozido, cujo tamanho não exceda o diâmetro externo de 20 mm. Os materiais da tubulação de cobre são especificados pela Norma Europeia EN 12735-1 & -2. Isso é essencialmente importante para garantir os requisitos necessários para a instalação da tubulação e para resistência de pressão e durabilidade.

Para conexões flangeadas, é importante não apertar demais a união para não provocar danos intencionais como o enfraquecimento do flange. As medidas de torque para o correto aperto estão descritas na Tabela 4. Os flanges devem ser apertados com o torque designado por meio de uma chave de torque apropriada, em combinação com uma chave inglesa ajustável ou uma chave de torque ajustável.

**Figura 62** - Exemplo de torquímetro de boca aberta



**Figura 63** - Exemplo de chave ajustável



**Tabela 4** - Valores padrão de torque de aperto para conexão flangeada em tubulação de refrigeração e ar condicionado

| Tamanho do flange<br>Diâmetro externo nominal<br>(conforme EN12735-1 & 2) |                |       | Espessura mínima<br>da parede<br>(mm) | Torque de aperto<br>(Nm) |          |
|---|----------------|-------|---------------------------------------|--------------------------|----------|
| Série métrica (mm)  | Série imperial |       |                                       |                          |          |
|   |                | (mm)  | (pol)                                 |                          |          |
| 6   |                |       | 0,8                                   | 14 a 18                  |          |
|   |                | 6,35  | ¼                                     | 0,8                      | 14 a 18  |
| 8   |                | 7,94  | 5/16                                  | 0,8                      | 33 a 42  |
|   |                |       |                                       | 0,8                      | 33 a 42  |
| 10  |                | 9,52  | 3/8                                   | 0,8                      | 33 a 42  |
|   |                |       |                                       | 0,8                      | 33 a 42  |
| 12  |                | 12,7  | ½                                     | 0,8                      | 50 a 62  |
|   |                |       |                                       | 0,8                      | 50 a 62  |
| 15  |                | 15,88 | 5/8                                   | 0,8                      | 63 a 77  |
|   |                |       |                                       | 0,95                     | 63 a 77  |
| 18  |                | 19,06 | ¾                                     | 1,00                     | 90 a 110 |
|   |                |       |                                       | 1,00                     | 90 a 110 |

**Cuidado:** Ao fazer conexões flangeadas, tome cuidado para garantir que o flange possua tamanho adequado e para que o torque usado para apertar a porca não seja excessivo.

## 5.4.5 Resultado final

Figura 64 - Exemplo de conjunto porca e união com flange



## 5.5 Expansão e ligamentos de tubos e componentes

As formas mais comuns de expansão de tubos para refrigeração são com a utilização dos seguintes materiais: alargador de impacto, soquete expensor e expensor de tubos.

### 5.5.1 Alargador de impacto

Este método é o mais barato, porém exige maior experiência, pois pode produzir maiores imperfeições e folgas nas bolsas.

Figura 65 – Exemplo de alargador de impacto



Figura 66 – Exemplo de soquete expensor

### 5.5.2 Soquete expensor

Utilizado junto ao conjunto de flangeamento. Produz bolsas de boa qualidade e com poucas imperfeições e folgas.

**Nota:** Ao se adquirir esta ferramenta fique atento para escolher um material resistente a esforços mecânicos.



### 5.5.3 Expansor de tubos

Ferramenta que produz bolsas com boa qualidade e rapidez.

Figura 67 - Exemplo de expansor de tubos



### 5.6 Processos de brasagem

Para a interligação dos tubos e componentes podem ser utilizados os métodos de brasagem, conexões e união de tubos a frio.

A técnica de brasagem é um dos métodos mais comuns para unir tubos de refrigeração, onde as juntas abrasadas devem suportar pressão, vibração, variação de temperatura e tensão de ciclos térmicos (provado pela variação de temperatura).

As técnicas de brasagem são as mesmas para todos os diâmetros de tubos, e as únicas variáveis são o metal de adição (vareta) e o calor necessário para a brasagem.

A brasagem é um processo que ocorre em temperaturas acima de 450 °C, mas inferior ao ponto de fusão do metal de base. Geralmente, é realizada com temperaturas variando entre 600 °C a 815 °C.

O uso de nitrogênio como gás protetor é um método importante para evitar a oxidação interna da tubulação. O nitrogênio é colocado no interior da tubulação, devendo ser utilizado durante todo o processo. Um cuidado importante é deixar um ponto do sistema frigorífico ou uma extremidade do tubo aberta, evitando o aumento da pressão que irá dificultar o processo de brasagem.

#### **Preparação da tubulação e procedimento de brasagem:**

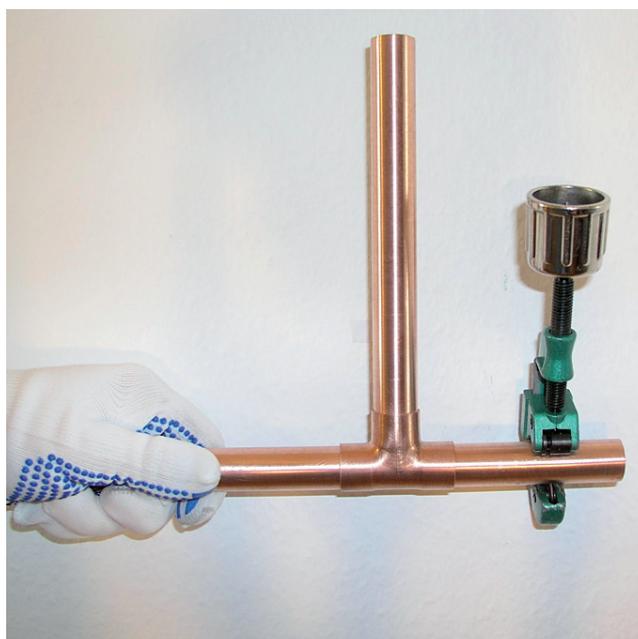
1. Medição e corte da tubulação
2. Escareamento
3. Limpeza
4. Montagem
5. Introdução de nitrogênio
6. Aquecimento
7. Aplicação do material de adição
8. Resfriamento e limpeza.

**Tabela 5** - Exemplos de material de adição utilizados para brasagem

| Material de adição                               | Sistemas de refrigeração de temperatura média | Temperatura de trabalho | Materiais de trabalho                                    |
|--|---|-------------------------|--|
| Vareta de cobre com 6% de fósforo                | até -20 °C                                    | 730 °C                  | cobre-cobre<br>com fluxo:<br>cobre-latão<br>cobre-bronze |
| Vareta de cobre com 2% de prata e 6% de fósforo  | até -20 °C                                    | 710 °C                  | cobre-cobre<br>com fluxo:<br>cobre-latão<br>cobre-bronze |
| Vareta de cobre com 5% de prata e 6% de fósforo  | até -40 °C                                    | 710 °C                  | cobre-cobre<br>com fluxo:<br>cobre-latão<br>cobre-bronze |
| Vareta de cobre com 15% de prata e 5% de fósforo | até -70 °C                                    | 710 °C                  | cobre-cobre<br>com fluxo:<br>cobre-latão<br>cobre-bronze |

## 5.6.1 Cortar o tubo

Use um cortador de tubos e tome cuidado para não amassar a tubulação.

**Figura 68** - Tubo sendo cortado

## 5.6.2 Remoção das rebarbas internas

Remova as rebarbas internas para facilitar o escoamento do material de adição por capilaridade até o enchimento completo da bolsa para brasagem no tubo.

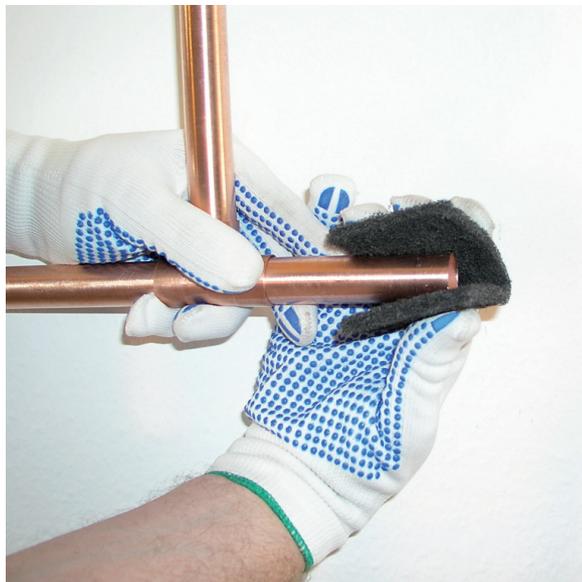
**Figura 69** - Remoção das rebarbas internas



## 5.6.3 Limpeza da superfície

Para a limpeza deve ser usado um material abrasivo plástico para evitar a entrada de partículas provenientes da limpeza ou limalhas no interior do tubo.

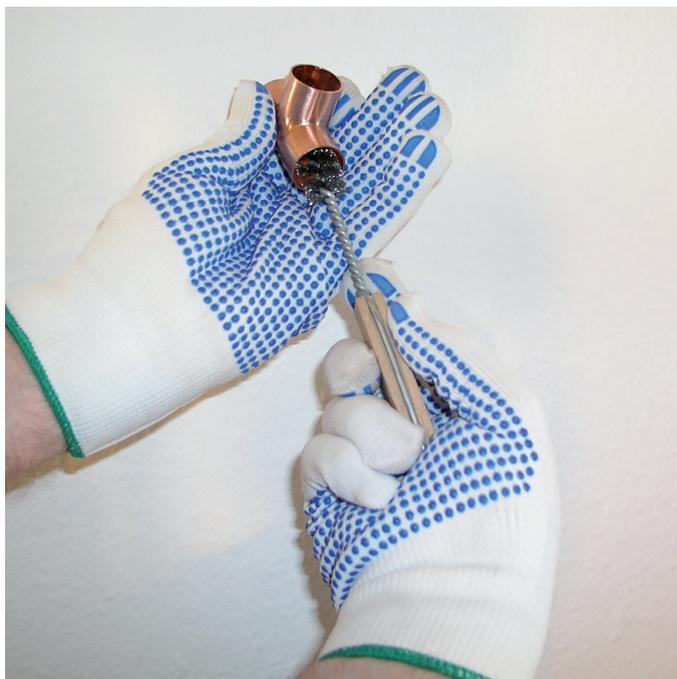
**Figura 70** - Limpeza do tubo



## 5.6.4 Limpeza na montagem

Para a limpeza interior, deve-se utilizar um encaixe adequadamente dimensionado para escovar.

**Figura 71** - Limpeza na montagem



## 5.6.5 Montagem

Certifique-se de manter a profundidade adequada entre os tubos a serem brasados.

**Figura 72** - Montagem do conjunto a ser brasado



## 5.6.6 Expurgar os resíduos para fora dos tubos antes da brasagem

Aplicar o fluxo de nitrogênio através de uma das extremidades da tubulação a ser abrasada, evitando a formação de óxidos na superfície interior dos tubos.

A outra extremidade da tubulação deve ficar aberta para o ambiente, evitando o aumento de pressão no interior da tubulação.

A pressão de nitrogênio a ser utilizada varia entre 1 a 3 psig.

## 5.6.7 Tipos e ajuste da chama

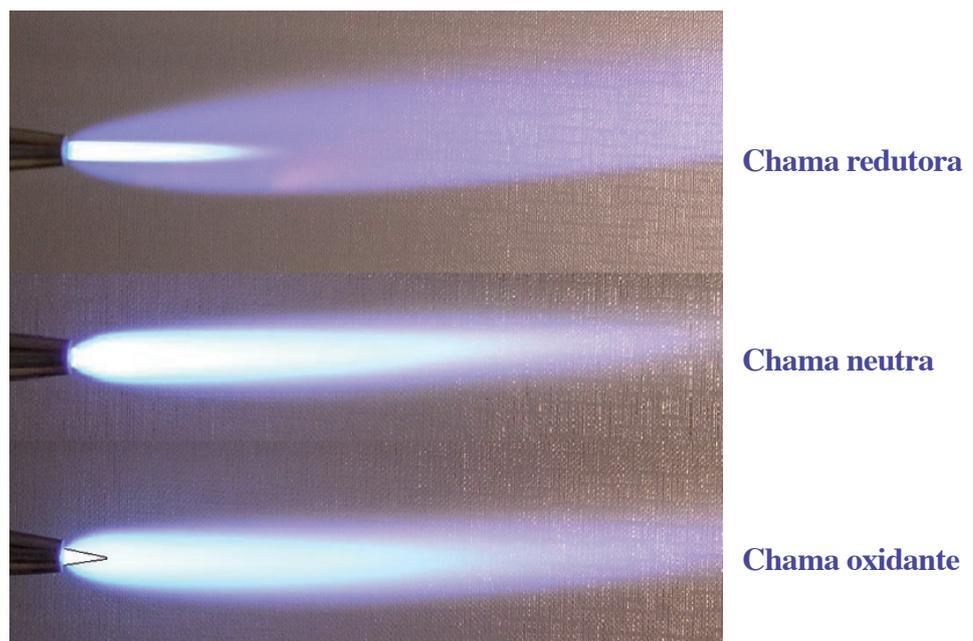
### Tipos de chama:

- Chama carburante ou redutora: possui maior quantidade de acetileno do que oxigênio na mistura;
- Chama neutra: possui a mesma quantidade de acetileno e oxigênio na mistura;
- Chama oxidante: possui maior quantidade de oxigênio do que acetileno na mistura.

### Ajuste da Chama:

Para o processo de brasagem ajuste a tocha para uma chama neutra.

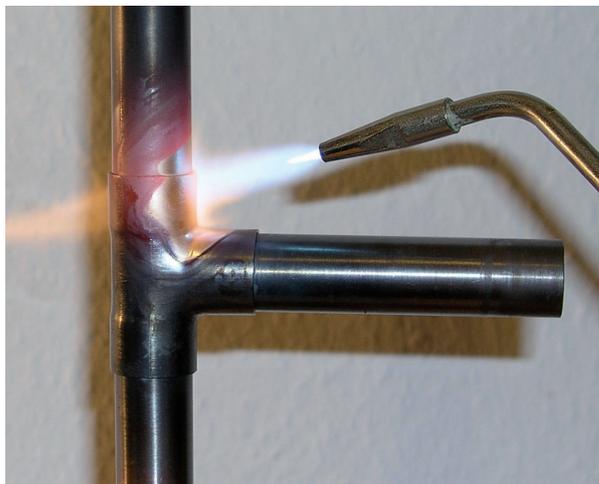
Figura 73 - Exemplos de chamas



## 5.6.8 Aplicação de calor

O calor deve ser aplicado de maneira uniforme entre o tubo e a bolsa, movendo a chama ao redor do tubo e da bolsa para garantir um pré-aquecimento antes de adicionar o material de adição.

Figura 74 - Pré-aquecimento

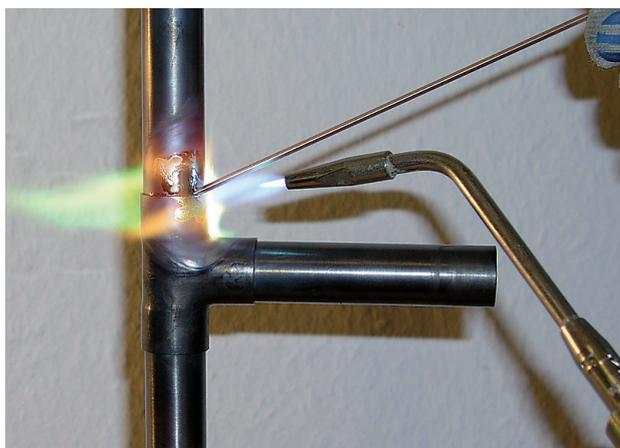


## 5.6.9 Aplicação do material de adição

À medida que a área aquecida gradualmente muda para a cor vermelha cereja, aplique o material de adição levemente até se espalhar ao redor do tubo e bolsa.

**Importante:** Mantenha a bolsa bem aquecida para possibilitar a penetração do material de adição na junta a ser brasada, mas tome cuidado para não exceder o calor máximo do tubo.

Figura 75 - Aplicação do material de adição



## 5.6.10 Resfriamento e limpeza

Aguarde até que o material de adição da junta brasada se solidifique e, após o resfriamento, limpe a junta com escova de aço e com o material abrasivo.

## 5.6.11 Aplicação de fluxo

Quando a aplicação de fluxo para a brasagem for necessária, aplique uma pequena quantidade de fluxo na parte externa do tubo a ser brasado. Evite que o fluxo entre no interior do tubo e, após aplicação realize a brasagem.

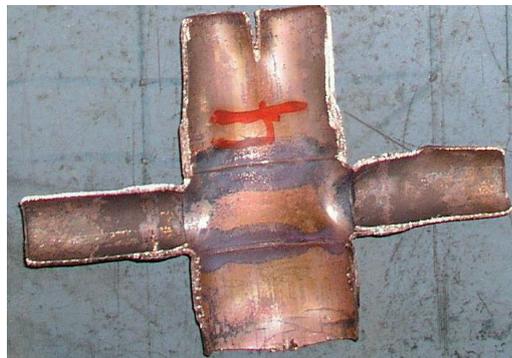
Figura 76 - Aplicação de fluxo



## 5.6.12 Penetração na brasagem

Conforme Figura 77, é possível verificar a penetração na brasagem, que deve preencher a bolsa por completo.

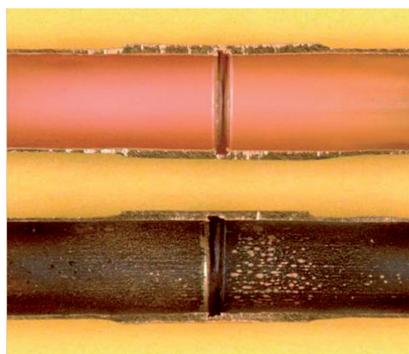
Figura 77 - Penetração na brasagem



## 5.6.13 Proteção com uso de nitrogênio

Conforme Figura 78, é possível observar a formação de óxidos quando não há o uso do nitrogênio no processo de brasagem, contaminando a instalação.

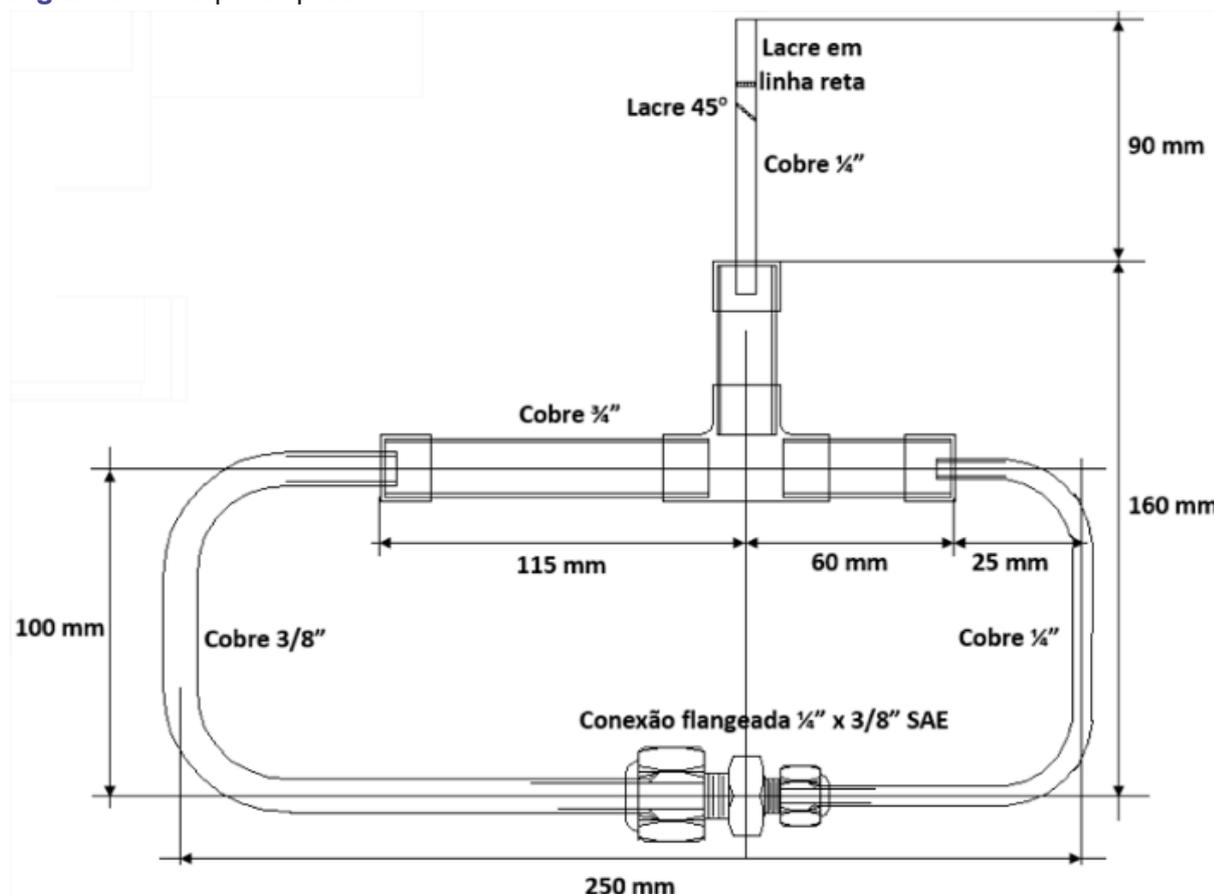
Figura 78 - Proteção com uso de nitrogênio



## 5.7 Treinamento prático de brasagem – Corpo de prova

Durante o treinamento prático o técnico deverá ser capaz de construir um corpo de prova, conforme modelo apresentado na Figura 79. O projeto deverá contemplar as técnicas, procedimentos e ferramentas apresentados neste manual.

Figura 79 - Corpo de prova



### Material de consumo para confecção do corpo de prova por aluno:

- 50 cm de tubo de cobre de 1/4"
- 50 cm de tubo de cobre de 3/8"
- 50 cm de tubo de cobre de 3/4"
- 3 tampões de cobre de 3/4"
- 1 peça "T" em cobre de 3/4"
- 1 porca de latão para conexão de 1/4"
- 1 porca de latão para conexão de 3/8"
- 1 redução macho/macho de rosca de 3/8" para 1/4" (SAE)
- 3 varetas de solda (2% de prata e 6% fósforo)
- EPIs (luvas antiderrapantes, avental e luvas e óculos para brasagem, e óculos de segurança)
- Material abrasivo plástico para limpeza externa
- Escova de encaixe para limpeza interna
- Escova de aço

### Material geral para confecção do corpo de prova para uma turma de 16 alunos:

- 8 arcos de serra com lâmina
- 4 furadeiras
- 4 brocas de aço rápido de 1/4"
- 4 brocas de aço rápido de 3/8"
- 8 conjuntos flangeador/cortador de tubos
- 8 escareadores
- 8 conjuntos de alargadores/expansores de tubos
- 4 curvadores de tubo
- 4 conjuntos para brasagem de oxi-acetileno ou propano/oxigênio
- 4 postos de trabalho com morsa para preparação e limpeza do corpo de prova
- 4 baldes de 5 litros com água
- 2 engates rápidos para tubo de 1/4"
- 4 alicates lacradores de tubos
- 2 cilindros carregados com nitrogênio seco com regulador de pressão e mangueira com conexão de rosca de 1/4" SAE
- 2 chaves de torque aberta para conexões
- 2 chaves inglesas ajustáveis
- 8 réguas de aço
- 4 alicates universais
- 4 acendedores de maçarico
- 4 extintores de incêndios

## 5.8 Fixação de tubos

As tubulações devem ser fixadas para aumento da confiabilidade, durabilidade e menor risco de vazamentos. Pontos fixos e de deslizamento fazem com que seja possível a compensação das alterações no comprimento dos tubos devido a flutuações da temperatura de operação.

**Figura 80** - Exemplo de fixação de tubulação em ponto deslizante



**Figura 81** - Exemplo de fixação de tubulação em ponto fixo. A imagem mostra um componente cilíndrico com uma extremidade plana e arredondada, montado sobre um tubo. O componente possui dois parafusos de fixação na parte superior e uma flange na base, permitindo a fixação rígida do tubo.



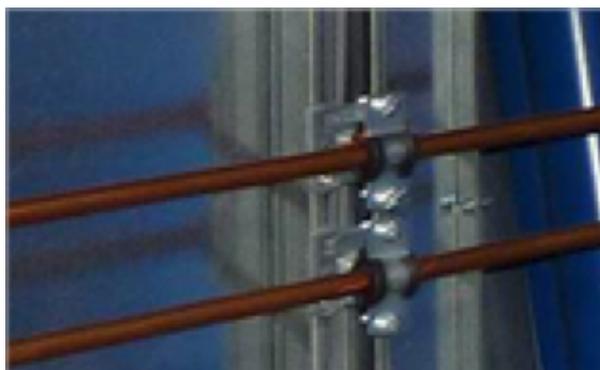
As tubulações devem ser adequadamente apoiadas de acordo com seu comprimento e peso. O espaçamento máximo recomendado para o apoio das tubulações de cobre é mostrado na Tabela 6.

**Tabela 6** - Espaçamento máximo recomendado para o apoio das tubulações de cobre, conforme EN 378-2/2016

| Diâmetro externo da tubulação | Distância entre fixadores |
|-------------------------------|---------------------------|
| 15 a 22 mm (5/8" a 7/8")      | 2 m                       |
| 22 a 54 mm (7/8" a 2 1/8")    | 3 m                       |
| 54 a 67 mm (2 1/8" a 2 1/2")  | 4 m                       |

Exemplos de fixadores de tubulações frigoríficas são apresentados nas Figuras 82 a 84.

**Figura 82** - Exemplo de fixador para tubulação fixa e deslizante



**Figura 83** - Exemplo de fixador para tubulação fixa



**Figura 84** - Exemplo de fixação sem proteção para os tubos, causando atrito e danificando a tubulação e o isolamento



O uso dos fixadores em distâncias adequadas é fundamental para evitar a deformação da tubulação, devido ao seu próprio peso ou à dilatação térmica, bem como a vibração, possível obstrução ou quebra.

## 5.9 Isolamento da tubulação

A tubulação de fluido refrigerante inclui linhas que operam com duas temperaturas: fria e quente.

### **Estes tubos devem ficar isolados, pelas seguintes razões:**

- Conservação de energia (devido à menor perda de energia térmica);
- Prevenção de formação de água condensada na tubulação fria;
- Proteção contra toque eventual de pessoas em tubulações quentes (descarga).

### **Um bom isolamento na tubulação depende dos seguintes pontos:**

- Projeto correto do sistema de refrigeração;
- Especificação correta do material e espessura do isolamento;
- Instalação correta do isolamento de acordo com recomendações do fabricante;
- Cuidado para assegurar uma barreira de vapor nas emendas, evitando a migração da água para a tubulação fria/gelada;
- Qualidade da instalação do sistema de refrigeração com relação à tubulação e fixação;
- Manutenção adequada do isolamento.

**Figura 85** - Exemplo de isolamento da tubulação



### Manutenção do isolamento do sistema

As inspeções periódicas do isolamento são essenciais para se determinar a presença de umidade que degrada o isolamento, reduz a eficiência térmica e a sua vida útil.

A frequência da inspeção deve ser determinada pela natureza crítica do processo, pelo ambiente externo e pela idade do isolamento.

#### A rotina de inspeção deve incluir as seguintes verificações:

- Procure sinais de umidade ou gelo na parte inferior do tubo horizontal, curvas e componentes isolados, pois a umidade migra para regiões mais baixas;
- Procure por danos mecânicos como rasgos, furos e aberturas no isolamento;
- Verifique se existe folga entre o isolamento e a tubulação.

#### Uma inspeção global também deve incluir o seguinte:

- Uso de equipamento termográfico para identificação de pontos comprometidos;
- Examinar a corrosão da superfície do tubo se o isolamento estiver úmido.

Caso seja verificada uma extensão de isolamento úmida, estas partes devem ser substituídas.

## 5.10 Prevenção de vibração de tubos e componentes

As vibrações nas tubulações podem ocorrer em vários pontos do sistema, tais como linhas de descarga e sucção, principalmente durante os ciclos de partida e parada de alguns compressores. As vibrações podem se propagar através dos tubos de transferência de fluido refrigerante, ressoando e gerando ruídos. Em alguns casos, podem enfraquecer as conexões e causar rompimentos, resultando no vazamento de fluido refrigerante e em reparos de alto custo.

A instalação de amortecedores de vibração nos tubos de descarga e sucção dos compressores irá minimizar os potenciais efeitos das vibrações. Os amortecedores de vibração correspondem, geralmente, a uma mangueira de aço inoxidável e flexível, envolvidas por uma malha de cobre. Estão disponíveis em vários diâmetros, variando de 6 mm (1/4") a 89 mm (4-1/8"). Os conectores, nos extremos, são feitos de cobre.

Os componentes são projetados para uma pressão nominal de 30 bar. O intervalo de temperatura permissível varia entre  $-70\text{ }^{\circ}\text{C}$  a  $+200\text{ }^{\circ}\text{C}$ , levando em consideração os fatores de variação da pressão e temperatura.

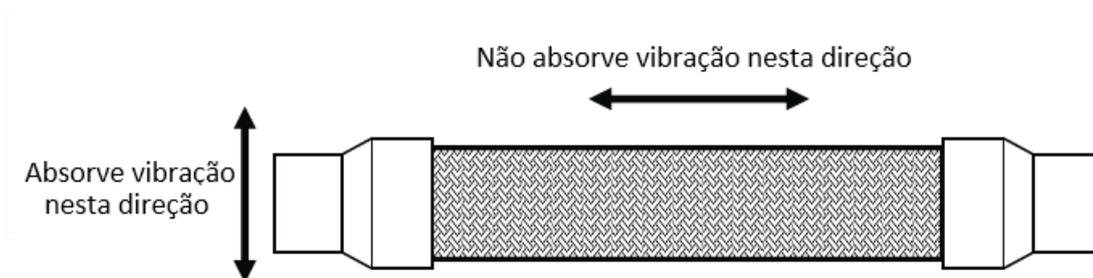
**Figura 86** - Exemplo de amortecedor de vibração flexível de aço trançado



#### Arranjo do amortecedor:

- Os amortecedores de vibração são projetados para absorver choque e vibração perpendiculares à direção da instalação;
- Os amortecedores de vibração não são projetados para absorver choque na forma de tensão súbita ou carga de compressão ao longo de seu eixo. Devem ser instalados em linha reta, mas nunca utilizado para compensar qualquer desalinhamento de tubulação ou outros erros de instalação;
- Para melhores resultados, o amortecedor de vibração deve ser instalado o mais próximo possível do compressor;
- Se o amortecedor de vibração for usado no tubo de sucção, onde esteja à temperatura abaixo do ponto de congelamento, ele deverá estar isolado (barreira à prova d'água) para evitar a formação de condensação e o congelamento sob a trança, o que poderá fazer ruir o trançado, resultando em vazamentos.

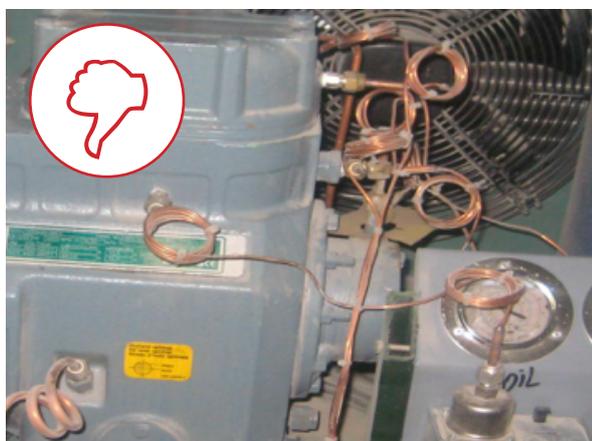
**Figura 87** - Direção da absorção da vibração



## 5.11 Tubos flexíveis

Em alguns pontos do sistema de refrigeração e ar condicionado, o tubo de fluido frigorífico deve ser flexível, para, por exemplo, permitir conexões com dispositivos de controle e manômetros, sem transferência de vibração. Como alternativa, podem ser usados encaixes de tubos flexíveis metálicos ou tubos capilares de *nylon*. O padrão industrial é a instalação de tubos capilares de *nylon*, que estão disponíveis em diferentes diâmetros e formatos (Figura 89). Esse tipo de tubulação é preferível, substituindo as práticas anteriores de instalação com tubos de cobre (capilares ou de 1/4") e conexões flangeadas.

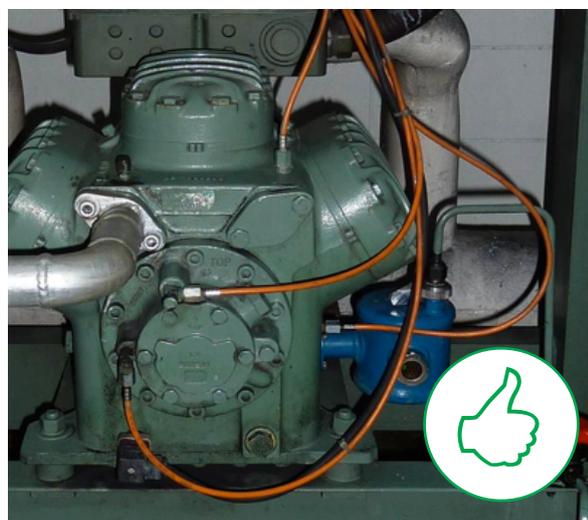
**Figura 88** - Exemplo de instalação não recomendada dos dispositivos de controle de pressão (capilares)



O uso de tubos capilares de cobre para conexão com dispositivos de controle e manômetros deve ser evitado. Também não é recomendável o uso de tubos de 6 mm (1/4") com conexões flangeadas.

Essas práticas de instalação podem resultar na ruptura e ocorrência de vazamentos de fluido frigorífico.

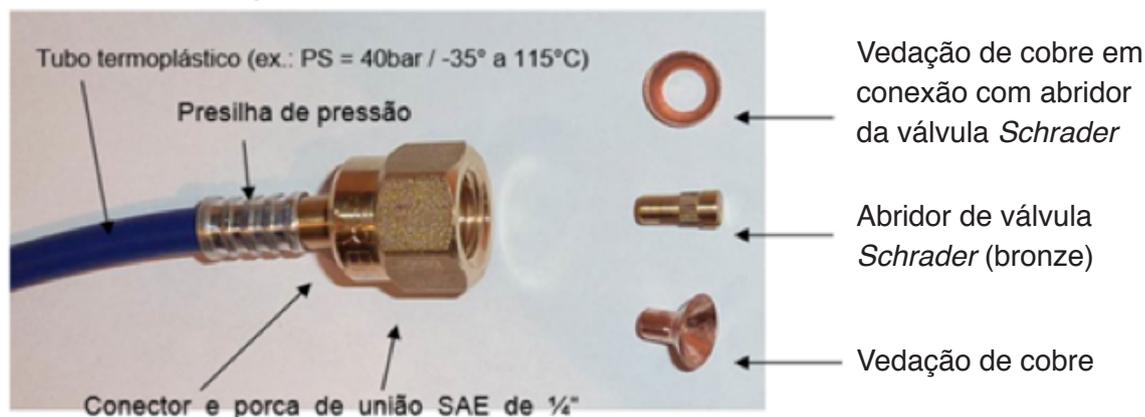
**Figura 89** - Bom exemplo de instalação utilizando dispositivos de controle de pressão com tubos termoplásticos flexíveis



Recomenda-se o uso de tubos capilares de *nylon* com conexões flangeadas de fabricação industrial.

A Figura 90 apresenta um exemplo de montagem recomendada para tubos flexíveis.

**Figura 90** - Montagem recomendada para tubos flexíveis



# 6 Refrigeração comercial – equipamentos e componentes

A contenção dos fluidos frigoríficos deve ser uma prioridade para todos que projetam, instalam, operam ou mantêm sistemas de refrigeração e ar condicionado.

Se o fluido frigorífico vazar para a atmosfera por meio dos pontos fracos do circuito de refrigeração ou durante a manutenção e reparo, contribuirá de forma significativa para o aquecimento global e para destruição da Camada de Ozônio.

Se o fluido frigorífico ficar confinado ao sistema de refrigeração ou ar condicionado, ou seja, sem vazamentos para atmosfera, o seu impacto para o meio ambiente será nulo. Este fato tem produzido uma série de recomendações para minimizar os riscos ambientais e outros riscos associados ao uso (operação) e manuseio (manutenção e reparo) dos sistemas de refrigeração e ar condicionado, entre os quais pode-se destacar:

1. Evitar conexões mecânicas na junção de tubos, tais como flanges, preferindo o uso de conexões brasadas;
2. Selecionar fluidos frigoríficos com zero potencial de destruição do ozônio e baixo potencial de aquecimento global;
3. Selecionar componentes que reduzam a possibilidade de vazamentos no circuito de refrigeração;
4. Utilizar a concepção de carga mínima de fluido frigorífico, conseguida geralmente por meio de:
  - Tubulações dimensionadas para o comprimento mínimo possível;
  - Trocadores de calor e tanque de líquido otimizados para os requisitos do sistema;
  - Distâncias reduzidas entre a sala de máquinas (por exemplo, unidades condensadoras) e o local refrigerado (os evaporadores);
  - Uso de sistema com circuito secundário, com a adoção de um fluido frigorífico de menor impacto ambiental.
5. A concepção do sistema e de suas partes (por exemplo, compressores, ventiladores e válvulas) deve contemplar a minimização da geração e transmissão de vibrações a fim de evitar falhas nos componentes e vazamento de gás;
6. Atenção especial deve ser prestada para a localização dos componentes e das válvulas no circuito de refrigeração, a fim de evitar que estejam expostos à altas pressões, temperaturas e vibrações;
7. A seleção e o ajuste da sensibilidade do sistema de controle e dos dispositivos de segurança e monitoramento são fatores cruciais para a operação segura e, energeticamente, eficiente do sistema;
8. A redução da demanda de refrigeração pode ser realizada por meio de melhorias no projeto (isolamento térmico, seleção de componentes, carga otimizada, etc.) e também ao se manter o sistema em ótimas condições operacionais (por exemplo, maior evaporação e menor pressão e temperatura de condensação possíveis).

## 6.1 Tipos de equipamentos

### 6.1.1 Sistema *Rack*

É um sistema com vários compressores ligados em paralelo, que permite a variação da carga térmica de acordo com a demanda, para ser aplicado em instalações de médio e grande porte.

**Figura 91** - Exemplo de um sistema *rack*



### 6.1.2 Unidades Condensadoras

São unidades compactas, onde os componentes da linha de alta pressão estão alojados.

**Figura 92** - Exemplo de unidade condensadora



## 6.2 Componentes do sistema frigorífico

### 6.2.1 Válvula de expansão

Após passar pelo condensador, o fluido frigorífico líquido com alta pressão e temperatura sub-resfriada é encaminhado para o dispositivo de expansão. Esse dispositivo obriga o fluido frigorífico a passar por um pequeno furo, restringindo o fluxo e fazendo com que a pressão no evaporador caia.

A pressão e temperatura do líquido expandido caem para a pressão e temperatura de saturação do evaporador. Esse processo de expansão resulta na formação de vapor.

Para determinar o tamanho da válvula de expansão é necessário saber qual fluido frigorífico que está sendo usado, a capacidade do sistema de refrigeração e a temperatura de evaporação.

As Válvulas de Expansão Termostáticas (VETs) devem ser projetadas para instalação brasada (ver Figura 93 e Figura 94), evitando a utilização de conexões flangeadas dentro do circuito de refrigeração. Essas ações são de extrema importância, pois a válvula estará sujeita ao estresse térmico provocado pela contração e expansão do fluido durante a operação (baixa temperatura, quando o sistema está em operação; e, maior temperatura, quando o sistema de refrigeração está desligado). Desta forma, existe risco das conexões flangeadas folgarem e provocarem vazamentos.

**Figura 93** - Exemplo de válvula de expansão com conexões brasadas e local do orifício com conexão para flange industrial



**Figura 94** - Exemplo de válvula de expansão com todas as conexões brasadas



Para a conexão da linha de líquido à válvula de expansão, na maioria dos casos é necessária a utilização de um adaptador para brasagem (ver Figura 95).

**Figura 95** - Exemplo de adaptador para brasagem/flange industrial

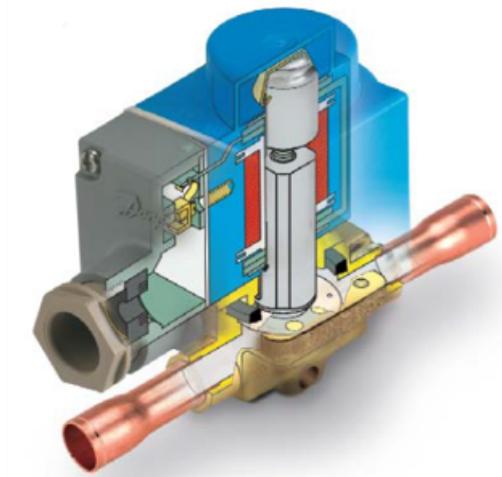


## 6.2.2 Válvula solenoide

As válvulas solenoides (ver Figura 96) são usadas em diversos sistemas de refrigeração e ar condicionado. A maioria é instalada dentro da linha de líquido do ciclo de refrigeração. Por meio de um campo magnético, a válvula pode ser aberta, permitindo o fornecimento do fluido frigorífico líquido para o dispositivo de expansão (válvulas de expansão, VET, tubos capilares).

Certifique-se de que os dados da bobina (tensão e frequência) correspondem ao da rede elétrica utilizada para não provocar a queima da bobina. Não ligue a bobina separada do corpo da válvula solenoide para não provocar danos por superaquecimento.

**Figura 96** - Exemplo de vista de corte lateral de uma válvula solenoide com conexões brasadas



## 6.2.3 Válvulas de segurança (dispositivo de alívio de pressão)

Existem três tipos gerais de dispositivos de alívio de pressão comumente usados:

1. O plugue fusível;
2. O disco de ruptura;
3. A válvula de alívio de pressão.

O plugue fusível contém um elemento fusível que derrete a uma temperatura pré-determinada, correspondente à pressão de saturação segura do fluido refrigerante. O elemento de ruptura contém um disco frangível projetado para quebrar em uma determinada pressão. A válvula de alívio de pressão é ativada por pressão e mantida fechada por uma mola (ou por outros meios) e projetada para aliviar a pressão automaticamente em um valor pré-determinado.

As válvulas de segurança são projetadas para evitar que a pressão no vaso suba acima do limite seguro quando houver falha nos sistemas de controle de operação ou quando o vaso estiver exposto ao calor excessivo.

Quando um vaso contendo fluido refrigerante líquido é desconectado de outra parte do sistema, um aumento de temperatura irá causar um aumento de pressão. Caso o vaso esteja completamente cheio de líquido, um pequeno aumento na temperatura irá causar um rápido e excessivo aumento na pressão, devido à expansão do líquido. Caso o vaso contenha tanto líquido quanto vapor, o que é normal para tanques de fluido refrigerante, a pressão irá subir conforme as características de saturação de temperatura-pressão do fluido refrigerante.

Se a densidade da mistura líquido-vapor no tanque exceder a densidade crítica do fluido refrigerante, um aumento na temperatura irá causar um aumento na porcentagem de líquido no vaso até que este esteja completamente cheio de líquido. Um pequeno aumento na temperatura, além desse ponto, irá resultar em um rápido e excessivo aumento da pressão. Essa condição pode ocorrer em temperaturas muito abaixo da temperatura crítica do fluido refrigerante, como resultado da exposição do vaso a calor excessivo, como em caso de incêndio.

Se a pressão subir demasiadamente, a ponto de causar ruptura do vaso, grandes quantidades de fluido refrigerante na forma líquida serão liberadas. Isso causará uma redução súbita na pressão, de forma que o líquido liberado é vaporizado quase instantaneamente com resultados explosivos. Com uma válvula de segurança adequada instalada no vaso, o fluido refrigerante é liberado a uma taxa controlada, e uma pressão segura é mantida no vaso.

## 6.2.4 Válvulas reguladoras de pressão

As válvulas reguladoras de pressão têm a função de manter a pressão constante ou dentro de uma faixa pré-determinada em cada componente do sistema de refrigeração.

### Tipos de válvulas reguladoras de pressão:

- Válvulas reguladoras de pressão do cárter;
- Válvulas reguladoras de pressão do evaporador;
- Válvulas de controle de pressão de descarga;
- Válvulas de desvio de descarga.

**Figura 97** - Exemplo de válvula reguladora de pressão com conexões brasadas



### Manutenção

Uma vez que as válvulas são herméticas e não podem ser desmontadas para inspeção e limpeza, elas devem ser substituídas se ficarem inoperantes.

## 6.2.5 Tubulação

Para aplicações com acessórios de encaixe, é recomendado o uso de tubo de cobre maleável sem costura. Este tubo deve ser fornecido limpo, seco e com extremidades seladas de fábrica.

Para desenrolar o tubo, mantenha uma extremidade livre sobre um local de apoio e desenrole a outra extremidade.

### Finalidade e função de diferentes linhas

#### Linha de descarga

A linha de descarga é a tubulação de conexão do compressor até o condensador. Em sistemas de refrigeração com recuperação de calor e condensadores conectados em série, a conexão entre os condensadores também é chamada linha de descarga.

#### Funções e cuidados:

- Transporte do fluido frigorífico na forma de vapor comprimido e do óleo contido no fluido frigorífico circulante do compressor para o condensador;
- Atenuar ou eliminar a vibração e ruído do tubo causados por pulsações de gases oriundas do processo de compressão;

- Absorção de altas cargas térmicas;
- Prevenção para evitar contrapressão e retardamento do sentido de deslocamento do óleo ou fluido refrigerante líquido para o compressor durante o desligamento (ou baixa capacidade).

### **Linha do condensado**

A linha do condensado transporta o fluido refrigerante condensado do condensador para o tanque de líquido e retorna os gases do tanque para o condensador (fluxo de duas fases).

Conforme regra do polegar, o tamanho da linha de condensado deve ser um diâmetro acima do diâmetro da linha de líquido.

A linha de condensado deve ter uma queda contínua de cerca de 2% a 4% do condensador para o tanque de líquido.

### **Linha de líquido**

A linha de líquido é o tubo conectado entre a saída do tanque de líquido e a entrada da válvula de expansão, normalmente uma válvula de expansão termostática.

#### **Funções e cuidados:**

- Transporte da mistura líquida do fluido refrigerante e óleo do tanque de líquido para a válvula de expansão;
- A linha de líquido deve impedir a evaporação instantânea do líquido na direção ascendente da válvula de expansão;
- Prevenção contra a admissão de calor no fluido refrigerante.

### **Linha de sucção**

A linha de sucção é a tubulação entre a saída do evaporador e a sucção do compressor.

#### **Funções e cuidados:**

- Transferir o vapor superaquecido do fluido refrigerante da saída do evaporador para a sucção do compressor;
- Retornar o óleo do evaporador para o compressor, na capacidade mínima do sistema;
- Atenuar ou eliminar as vibrações e ruídos do tubo de transferência de fluido refrigerante causados pela operação do compressor;
- Minimizar o “suor” na tubulação da linha de sucção causado pela condensação;
- Prevenção contra a admissão de calor para o fluido refrigerante.

Os seguintes requisitos devem ser considerados no dimensionamento da linha de sucção:

- Minimizar a queda de pressão ao longo da linha de sucção, de forma que a máxima potência possível do compressor possa ser usada sem perda;
- Garantir uma velocidade de fluxo mínima para o fluido refrigerante, particularmente em tubos verticais (subida), de forma que o retorno do óleo seja garantido. Caso o retorno do óleo, especialmente em tubos de subida verticais, não possa ser garantido, deve-se considerar a instalação de sifões.

**Figura 98** - Exemplo de sifão com conexões brasadas



## 6.2.6 Filtro

As funções do filtro no circuito de refrigeração, dependendo do tipo de filtro, podem ser:

- Remoção de umidade contida no fluido refrigerante;
- Remoção de ácido contido no fluido refrigerante;
- Filtragem de sujeira e outras impurezas.

Mesmo que se exerça o máximo de cuidado durante a instalação, comissionamento ou reparo, a umidade ainda entrará no sistema por meio do ar, fluido refrigerante, óleo e componentes ou peças contendo umidade (por exemplo, mangueiras). Sujeira em combinação com o fluido refrigerante, umidade e altas temperaturas estimulam a formação perigosa de ácidos. Ácidos podem resultar em danos ao compressor e ao lubrificante. Além disso, a água promove corrosão catalítica (efeito de revestimento de cobre) na parte interna do sistema, além de uma destruição prematura do compressor. A sujeira resulta em entupimento do dispositivo de expansão e aumento na abrasão dentro do compressor.

A cada abertura do circuito de refrigeração, o filtro deve ser trocado.

**Os filtros são divididos de acordo com os seguintes fatores:**

1. Tipo de fluido refrigerante;
2. Bomba de calor (bifluxo) ou RAC (uma direção);
3. Tipo de conexão: conexões flangeadas ou brasadas;
4. Material do corpo: aço ou cobre;
5. Tipo do corpo: núcleo substituível ou descartável;
6. Construção do núcleo: sólido, granular ou composto;
7. Uso: padrão, remoção de água, remoção de ácido ou remoção de detritos;
8. Capacidade nominal em KW de refrigeração;
9. Aplicação: linha de líquido ou linha de sucção.

**Figura 99** - Exemplo de filtro secador com conexões brasadas



**Nota:** A fim de garantir um sistema em condições seladas, geralmente, os filtros secadores devem ser brasados no circuito de refrigeração (evitar conexões flangeadas, que são potenciais fontes de vazamento).

## 6.2.7 Visor de líquido

A operação confiável dos dispositivos de expansão (por exemplo: VET) só pode ser assegurada se o fluido refrigerante no estado líquido for fornecido para a válvula de expansão. Apenas no caso onde o fluido refrigerante for sub-resfriado, pode haver ausência de tanque de líquido na instalação.

Um visor de líquido deve ser instalado para permitir a verificação do fluxo do fluido refrigerante. É importante instalá-lo na linha de líquido, diretamente, antes do dispositivo de expansão (após o filtro secador).

Como o fluido refrigerante é incolor, nenhum fluxo de líquido pode ser visto no visor de líquido se o fluido refrigerante estiver adequadamente sub-resfriado. Caso o sistema de refrigeração seja completamente evacuado, nenhum fluido refrigerante será visível pelo visor de líquido.

Uma verificação do fluxo do fluido refrigerante também serve para verificar a carga do fluido refrigerante. Se não houver sub-resfriamento antes da válvula de expansão, ou seja, se o fluido refrigerante contiver vapor, essa situação poderá ser identificada pelas bolhas no visor de líquido. Caso o visor de líquido esteja preto por dentro, será um sinal de deterioração do lubrificante, devido às temperaturas de operação excessivamente altas.

**Nota:** A fim de garantir que o sistema esteja em condições seladas, os visores de líquidos devem ser brasados no circuito de refrigeração.

**Figura 100** - Exemplo de visor de líquido com conexões brasadas



### Indicador de umidade

Geralmente, os visores de líquido contêm indicadores de umidade. A cor do indicador muda conforme o teor de umidade, passando de verde para amarelo para indicar que o teor de umidade do fluido refrigerante está muito alto. Havendo mudança de cor, significa que o filtro secador está saturado com umidade e precisa ser trocado (outras atividades poderão ser necessárias para a remoção da umidade do sistema). Para os diversos tipos de fluidos refrigerantes, devem ser usados indicadores específicos, já que, de outra forma, a mudança de cor não ocorrerá com o teor de umidade definido.

O ponto de mudança de cor no indicador do visor de líquido é determinado pela solubilidade do fluido refrigerante em água. O indicador muda de cor antes que surja o risco de que a água congele na válvula de expansão.

**Nota:** Quando o indicador de umidade está com a coloração amarela, existe umidade no sistema. Quando este apresenta coloração verde, a umidade está em uma faixa aceitável.

## 6.2.8 Separador de óleo

É comum para a maioria dos compressores que o óleo seja removido e transportado para outras partes do sistema pelo fluxo do fluido frigorífico. Dependendo das condições operacionais, poderá ocorrer a falta de lubrificante no cárter do compressor, com as seguintes consequências:

- Pressão de óleo muito baixa;
- Transporte de lubrificante insuficiente dentro do compressor;
- Dano em rolamentos;
- Dano ao cilindro/pistão;
- Dano ao motor.

Esse transporte de óleo para o evaporador irá afetar de forma adversa a transferência de calor, resultando em perda de eficiência e tempos de funcionamento maiores para o compressor. Separadores de óleo podem agir como a função de salvaguarda danos no compressor. Em geral, os separadores de óleo são fortemente recomendados onde as seguintes aplicações forem consideradas e/ou existam funcionalidades específicas do sistema:

- Temperatura de evaporação abaixo de 10°C;
- Controle de capacidade do sistema;
- Sistemas de compressores em paralelo;
- Sistemas inundados;
- Grande diferença de altitude entre o compressor e o evaporador;
- Congelamento ultra-rápido;
- Sistemas de dois estágios;
- Sistemas em cascata;
- Sistemas *booster*;
- Baixa velocidade do gás de sucção.

O separador de óleo remove com eficiência o óleo do gás de descarga do compressor, dentro dos elementos da peneira, e retorna o óleo por meio de uma válvula flutuante de alta precisão para o cárter ou para um sistema de controle de óleo. A eficiência da recuperação do óleo depende da redução da velocidade do gás no próprio separador. Dado que o separador de óleo seja corretamente dimensionado e aplicado, essa eficiência ficará entre 97% e 99%.

O processo de separação do óleo no fluxo de descarga do compressor ocorre por meio de três fenômenos físicos:

- **Redução da velocidade do gás de descarga:** ocorre pelo aumento da seção da tubulação (o próprio corpo do separador de óleo), para que as gotas de óleo percam energia cinética e não consigam permanecer no fluxo do gás;
- **Mudança de direção:** obtida pela entrada da tubulação de descarga, lateralmente ao corpo do separador, forçando as gotas de óleo a “baterem” em sua parede, dificultando que consigam permanecer no fluxo de gás;
- **Coalescência:** obtida com uma tela de aço montada no interior do separador de óleo, onde as pequenas gotas ficam presas, e por meio da coalescência formam gotas maiores, que escorrem para o fundo do separador de óleo. Devido ao tamanho e a baixa energia cinética, essas gotas não conseguem permanecer no fluxo de fluido frigorífico.

Cuidados com a instalação do separador de óleo:

- O diâmetro da conexão do separador de óleo deve ser igual ou maior que o diâmetro da linha de descarga;
- A montagem do separador de óleo é sempre vertical e recomenda-se que esteja o mais próximo possível dos compressores.

**Atenção:** Para garantir que o sistema esteja em condições seladas, os separadores de óleo devem ser brasados no circuito de refrigeração. Evite conexões flangeadas, pois são potenciais fontes de vazamento.

**Figura 101** - Exemplo de separador de óleo com conexões brasadas



## 6.2.9 Reservatório de óleo

A função do reservatório de óleo é armazenar o óleo separado do fluido frigorífico pelos separadores de óleo e redistribuir o óleo para o cárter dos compressores.

**Figura 102** - Exemplo de reservatório de óleo com conexões brasadas



## 6.2.10 Tanque de líquido

Para sistemas comerciais, a capacidade de refrigeração diminui significativamente se o fluido refrigerante líquido que chega à válvula de expansão contiver mistura de líquido e vapor, o que pode ser observado através do visor de líquido pelo surgimento de bolhas. A fim de evitar mistura de líquido e vapor na linha de líquido, o fluido refrigerante deve ser sub-resfriado em alguns graus, ou o vapor de fluido refrigerante deve ser separado do fluido refrigerante líquido por meio de um tanque.

Em sistemas de refrigeração com condições de operação variadas, como, por exemplo, diferentes temperaturas de evaporação e variação de deslocamento do compressor, a carga do fluido refrigerante no evaporador pode mudar consideravelmente em certas circunstâncias. Particularmente, no caso das válvulas de expansão com uma curva característica plana, onde a carga é dependente do evaporador.

Qualquer fluido refrigerante no evaporador, que não esteja sendo requisitado, deve ser armazenado no lado de alta pressão. Além disso, essa situação consiste no uso de um tanque de alta pressão. Os tanques também permitem que o fluido refrigerante do lado de baixa pressão seja deslocado para o lado de alta pressão, permitindo manutenção no lado de baixa pressão.

Os tanques de líquidos não devem ser subdimensionados, a fim de minimizar a carga de fluido refrigerante em um sistema. O dimensionamento do tanque deve garantir que este suporte toda a carga do sistema, quando houver deslocamento do fluido refrigerante, do lado de baixa para o lado de alta pressão, e que ainda reste no mínimo 20% de espaço para a expansão do fluido refrigerante líquido, caso a temperatura aumente.

Na prática, os sistemas de refrigeração às vezes contêm uma quantidade de fluido refrigerante muito acima do que é necessário no tanque de líquido para satisfazer as variadas cargas de refrigeração. Isso pode levar a perda excessiva de fluido refrigerante em caso de vazamento brusco. Além disso, vazamentos menores podem passar despercebidos até que a carga de fluido refrigerante “sobressalente” tenha vazado.

Após a instalação do sistema, a equipe de comissionamento deve ser informada sobre a carga exata de fluido refrigerante, evitando assim sobrecarregar o sistema com carga adicional de fluido refrigerante. A quantidade adequada de carga do fluido refrigerante deve ser rotulada no sistema, pois essa informação será importante para os serviços de manutenção.

O tanque de líquido na Figura 103 possui válvulas de segurança para ventilar o fluido refrigerante em caso de excesso de temperatura e pressão. Alguns tanques incorporam um visor de líquido ou válvula de inspeção. Sensores de nível de líquido também podem estar disponíveis. Válvulas no tanque (entrada e/ou saída) devem possuir conexões para instalação brasada.

**Figura 103** - Exemplo de tanque de líquido



## 6.2.11 Válvula de serviço

A válvula de serviço isola o compressor (ou o vaso de pressão) do sistema de refrigeração e fornece acesso aos componentes. A válvula de serviço, localizada na saída de um tanque de líquido, permite que o técnico transfira o conteúdo do fluido frigorífico do lado de baixa pressão do sistema para o lado de alta pressão do sistema, por meio do bombeamento do compressor.

O acabamento das válvulas pode ser feito em níquel, zinco ou bronze, com cromato claro, dependendo do fabricante. As válvulas de serviço selecionadas são fabricadas com uma conexão para dispositivo de controle ou medição em posição “neutra”, permitindo que o orifício permaneça aberto para o lado do compressor o tempo inteiro. Para garantir que o sistema esteja em condições seladas, é crucial retornar as tampas das conexões das mangueiras e haste das válvulas, após a remoção, durante os serviços.

**A válvula de serviço geralmente é composta de quatro partes principais:**

- Conexão para a linha;
- Conexão para o manômetro;
- Haste da válvula;
- Conexão para o compressor.

### **Operação:**

Quando a haste da válvula de serviço é girada totalmente na posição anti-horária, haverá passagem entre a linha e o compressor.

Quando a haste da válvula de serviço é girada totalmente na posição horária, haverá passagem entre a linha e o manômetro.

**Nota:** Para realizar medições de pressão com manômetros, gire a haste da válvula de serviço totalmente na posição anti-horária e logo após de  $\frac{1}{4}$  de volta para o sentido horário. Desta forma, haverá passagem entre a linha do compressor e manômetro sem grandes perdas de carga.

**Figura 104** - Exemplo de válvula de serviço



## 6.2.12 Válvula de esfera

As válvulas de esfera são válvulas de fechamento manual adequadas para o fluxo bidirecional. Essas válvulas podem ser usadas em linhas de líquido, de sucção e de descarga em sistemas de refrigeração e ar condicionado.

O importante é que essas válvulas oferecem o máximo de estanqueidade para vedação. As válvulas de esfera fornecem o máximo de fluxo na posição completamente aberta, sendo projetadas para operação dentro de um grande intervalo de temperatura.

**Figura 105** - Exemplo de válvula de esfera com conexões brasadas



## 6.2.13 Acumulador de sucção (Separador de líquido)

A tarefa de um compressor de refrigeração é succionar o fluido frigorífico no estado de vapor provindo do evaporador e comprimi-lo para um estado em que o fluido possa ser facilmente condensado. Dependendo das condições de operação, pode haver pequenas quantidades de líquido sendo carregadas do evaporador para o compressor. A consequência disso são os golpes de líquido (porque os líquidos têm compressibilidade muito baixa), o que poderá danificar os seguintes componentes do compressor:

- Válvulas de sucção e descarga;
- Pistão e hastes de conexão;
- Rolamentos e gaxetas.

Ao se projetar um sistema de refrigeração, é necessário evitar os "golpes de líquido". Em muitos casos, é importante instalar um acumulador de sucção (separador de líquido) na linha de sucção, antes do compressor, a fim de proteger o compressor contra os "golpes de líquido" e os consequentes danos. O uso de um acumulador de sucção é fortemente recomendado nas seguintes condições:

- Compressores conectados em paralelo;
- Refrigeração de transporte;
- Sistemas de duplo estágio;
- Uso da função de descongelamento a gás quente;
- Refrigeração de contêiner;
- Evaporadores inundados;
- Operação de ciclo reverso;
- Superaquecimento menor que 7 K.

**Figura 106** - Exemplo de acumulador de sucção com conexões brasadas



## 6.2.14 Válvula Schrader

As válvulas *Schrader* são de uso comum em sistemas de refrigeração, para conexão do circuito de refrigeração com o manômetro de serviço ou para conexão direta com dispositivos de controle.

**Importante:** A válvula *Schrader* desempenha um papel importante para a leitura e intervenção no circuito frigorífico de forma rápida e prática. Porém, o uso desta válvula deverá ser criterioso, pois apresenta núcleo móvel com grandes chances de vazamento.

Para serviços gerais no sistema elas desempenham um papel importante. Porém, uma válvula *Schrader* (sem a tampa de vedação) não é à prova de vazamento!

Para evitar vazamentos pelo núcleo da válvula, vários tipos de tampas de vedação são utilizados na prática:

- Tampa de vedação com elastômero/borracha de vedação;
- Tampa cônica;
- Tampa com selo de cobre.

Com o tempo, a vedação de borracha envelhece e se torna porosa ou é danificada por influências mecânicas e, assim, se torna propícia a vazamentos. Se os componentes do sistema (por exemplo, condensadores, evaporadores, tubos de transferência de fluido frigorífico) possuem válvulas *Schrader* com tampas de vedação serrilhadas (recartilhada), estas devem ser substituídas por uma porca sextavada com vedação de cobre.

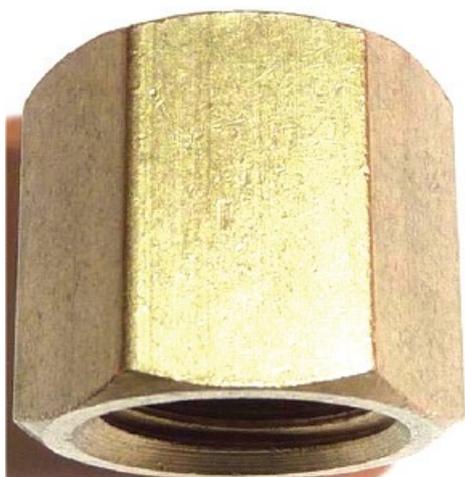
- A face da vedação de cobre não deve ser molhada com óleo, já que a menor quantidade de óleo pode selar vedações de cobre com vazamentos por um longo tempo, e esses vazamentos, então, não poderão ser detectados em um teste de vazamento.
- Ao apertar a porca, tome cuidado para assegurar que o corpo da válvula *Schrader* esteja fixo por meio de uso de uma chave adequada.

**Nota:** Com o tempo, a borracha de vedação da tampa com elastômero se torna permeável, comprometendo a vedação. A tampa mais eficaz para vedação é a do tipo com selo de cobre.

**Figura 107** - Núcleo da válvula *Schrader*



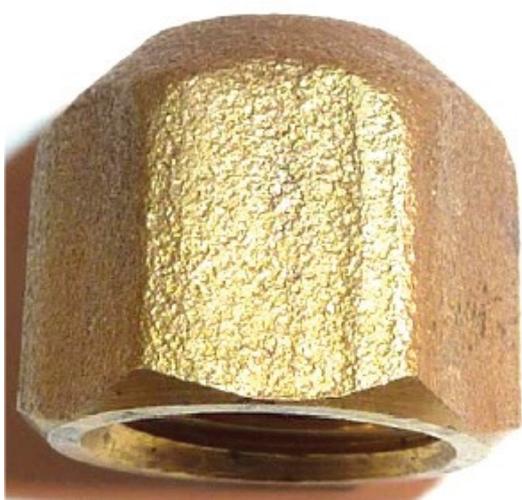
**Figura 108** - Tampa hexagonal com borracha de vedação



**Figura 109** - Tampa recartilhada com borracha de vedação



**Figura 110** - Tampa hexagonal com superfície cônica para vedação



**Figura 111** - Porca sextavada com selo de cobre



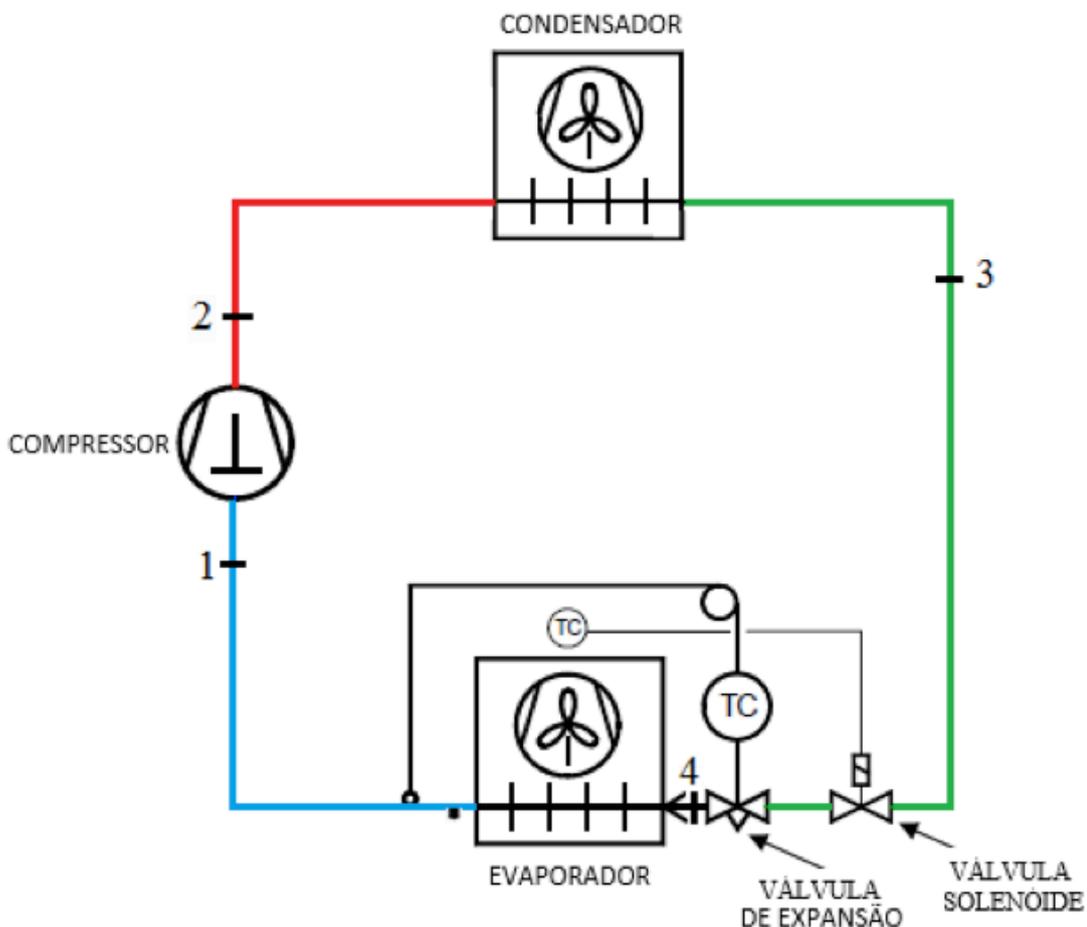
## 6.3 Tipos de circuitos de refrigeração

Vários arranjos podem ser utilizados para o projeto de um sistema de refrigeração e a escolha do arranjo irá depender da aplicação do sistema.

### 6.3.1 Princípio do ciclo básico de refrigeração

A Figura 112 mostra um sistema de simples estágio, onde o fluido refrigerante entra no evaporador como uma mistura de líquido-vapor no estado 4. No evaporador, o fluido muda de fase de líquido para vapor em função da transferência de calor da região do ambiente em que o evaporador se encontra para o fluido refrigerante.

**Figura 112** - Princípio do ciclo de refrigeração de simples estágio



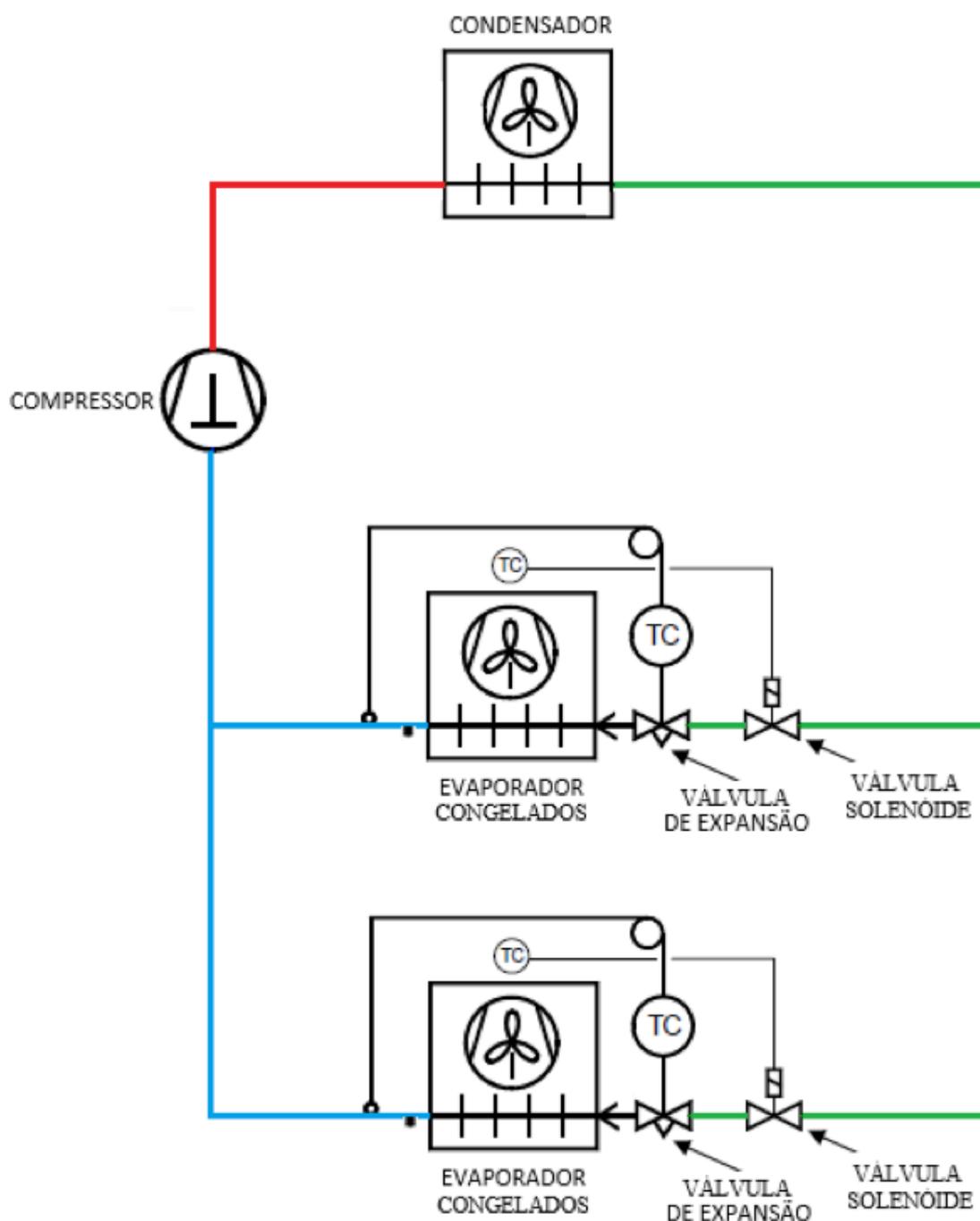
Em seguida, o fluido refrigerante é comprimido do estado 1, em que ele se apresenta como vapor saturado, para o estado 2, em que é vapor superaquecido. Durante esse processo, a temperatura e pressão do fluido aumentam, passando do compressor ao condensador, onde o fluido muda de fase de vapor superaquecido para líquido saturado, chegando ao estado 3 em função da transferência de calor para a região do ambiente em que o condensador se encontra.

O fluido, ao passar pelo dispositivo de expansão, sofre uma queda de pressão e, em seguida, uma queda de temperatura.

## 6.3.2 Princípio de sistemas com vários evaporadores e um compressor

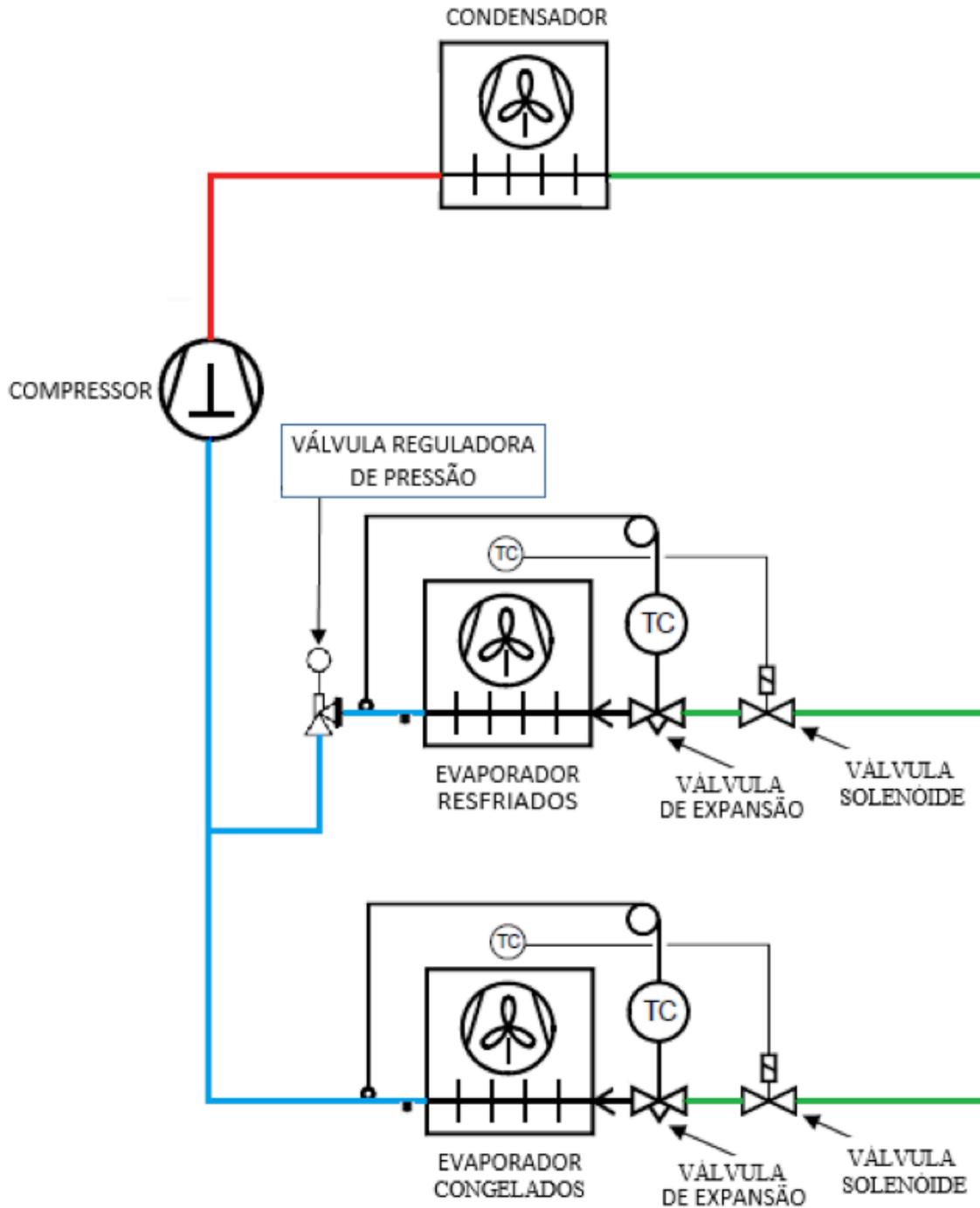
Neste sistema existe a possibilidade de se congelar ou resfriar dependendo da concepção do projeto com vários ambientes, conforme Figura 113, onde a temperatura de evaporação é a mesma para todos os evaporadores.

Figura 113 - Princípio de sistema com dois evaporadores de mesma temperatura



Para obter temperaturas de evaporação diferentes, uma válvula reguladora de pressão é instalada depois do evaporador, onde se deseja uma temperatura mais elevada, conforme Figura 114.

**Figura 114** - Princípio de sistema com dois evaporadores e temperaturas diferentes

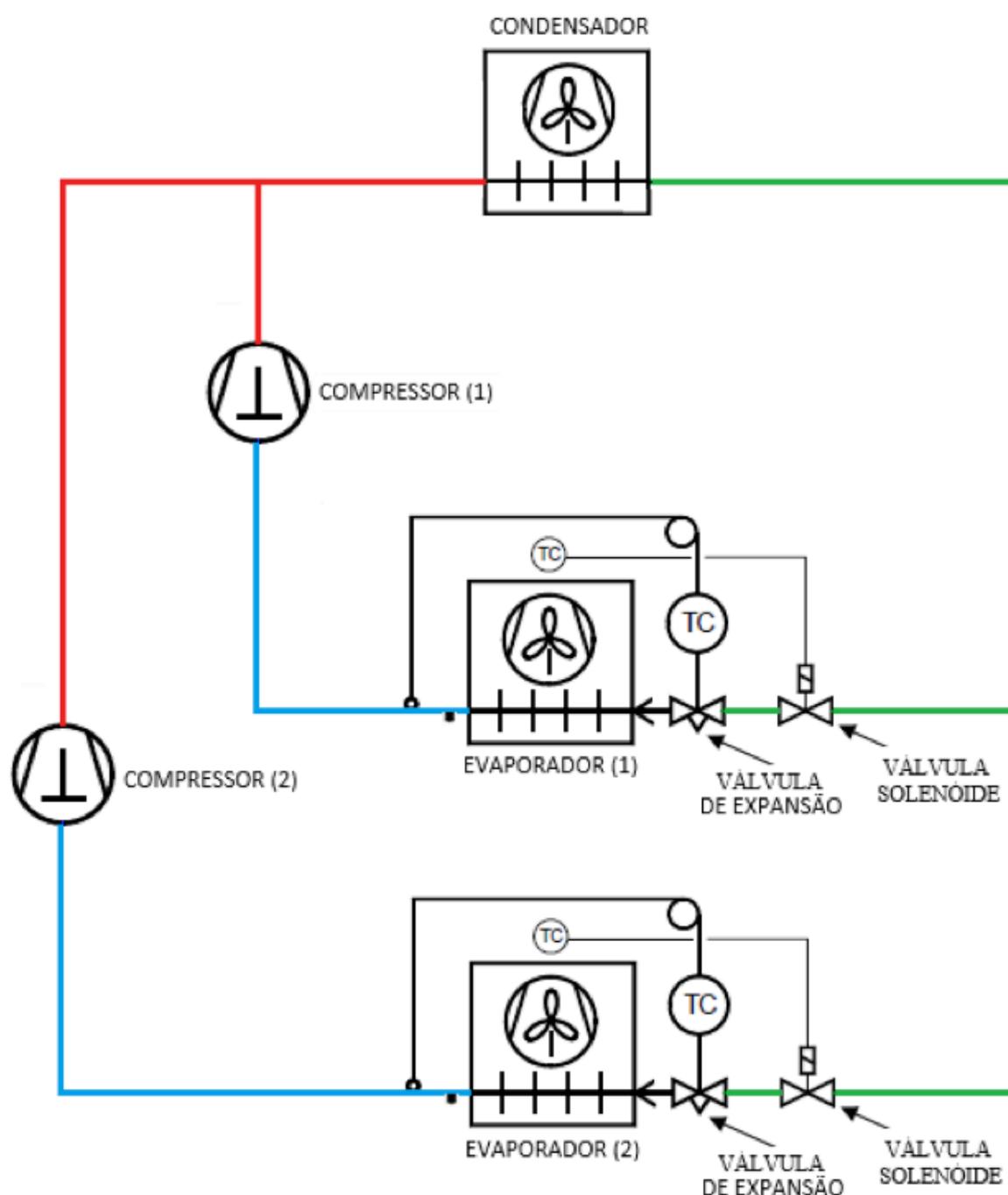


### 6.3.3 Princípio de sistema com descarga única

Outra maneira de obter temperaturas diferentes nos evaporadores seguindo as indicações do diagrama da Figura 115, que corresponde a dois sistemas distintos, um para congelados e outro para resfriados, porém utilizando um único condensador.

Este diagrama aproveita os regimes de aplicações dos compressores ou conjunto de compressores 1 e 2, para se obter o melhor desempenho do sistema em faixas de temperaturas diferentes, otimizando o uso dos componentes na linha de alta como condensador, tanque de líquido, etc.

**Figura 115** - Princípio de sistema com descarga única

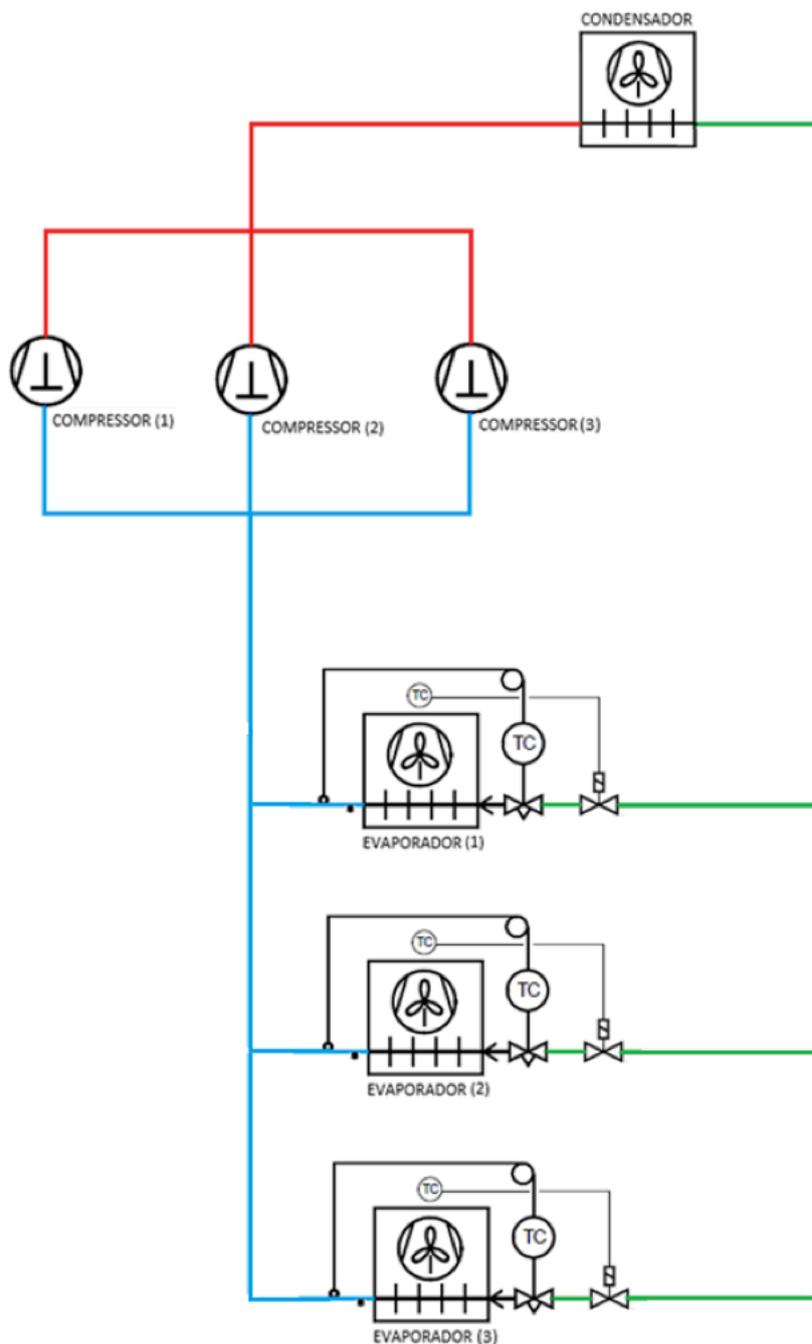


## 6.3.4 Princípio de sistema com compressores em paralelo

Este sistema contém dois ou mais compressores ligados na mesma linha central de sucção e descarga do circuito frigorífico, permitindo a variação da carga térmica, conforme os compressores entram em operação de acordo com a necessidade do sistema. Este sistema é mostrado na Figura 116.

Em caso de manutenção ou substituição de compressor, o sistema em paralelo permite intervenção sem a parada do sistema frigorífico.

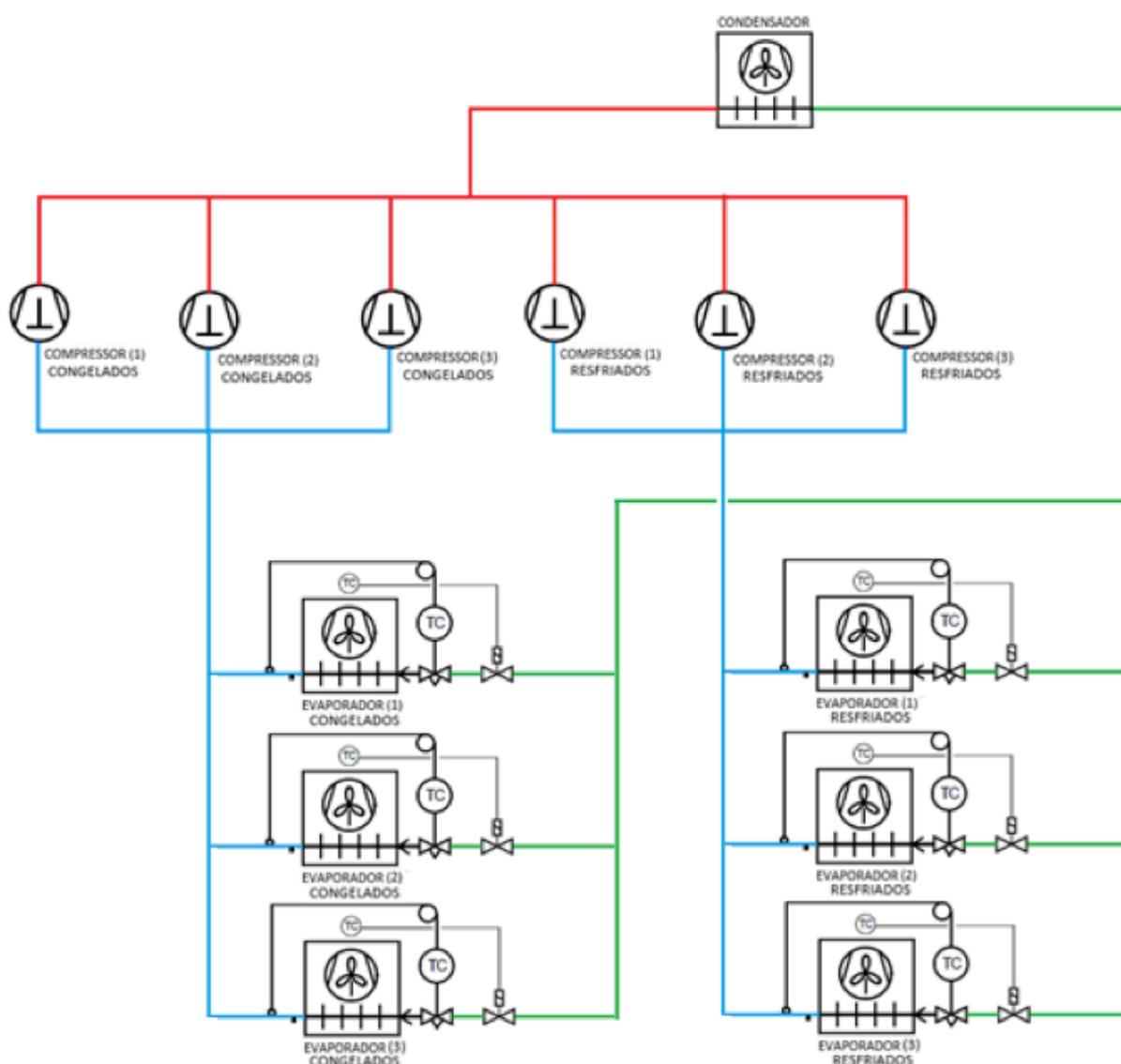
**Figura 116** - Princípio de sistema com compressores em paralelo



## 6.3.5 Princípio de sistemas com compressores em paralelo e descarga única

Este sistema é composto por um conjunto de compressores em paralelo usados para a linha de congelados e outro conjunto de compressores em paralelo usados para a linha de resfriados, utilizando descarga única, conforme Figura 117.

Figura 117 - Princípio de sistema com compressores em paralelo e descarga única



## 6.3.6 Princípio de sistema de duplo estágio de compressão

Existem dois sistemas com duplo estágio de compressão:

- Sistema com separador de líquido na pressão intermediária e um único circuito de refrigeração: permite o uso de dois compressores associados em série, sendo um de baixa temperatura (1º estágio) e outro de média ou alta temperatura (2º estágio) em um mesmo circuito de refrigeração;

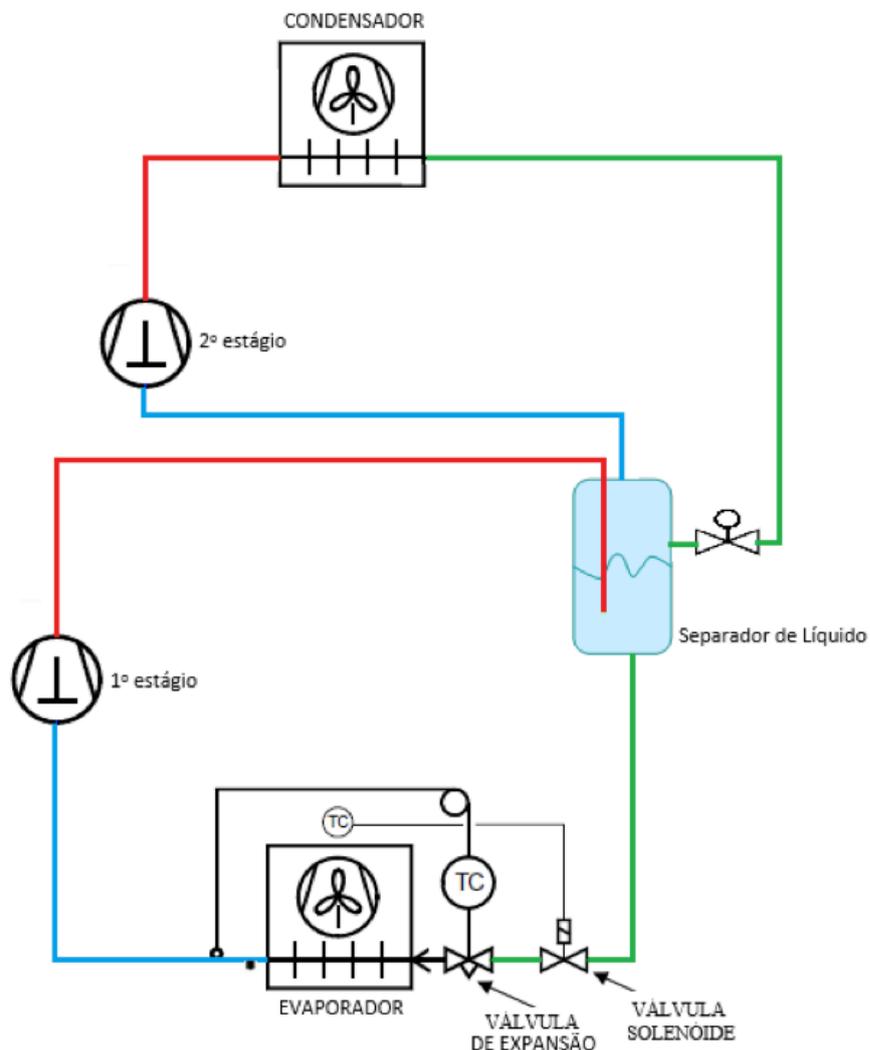
- Sistema em cascata com dois circuitos de refrigeração associados em série: permite o uso de dois circuitos de refrigeração independentes que operam associados em série, sendo um circuito de baixa temperatura (1º estágio) e o outro de média ou alta temperatura (2º estágio), com a utilização de diferentes fluidos frigoríficos.

### 6.3.6.1 Princípio de sistema com separador de líquido (único circuito de refrigeração)

Os dois compressores irão operar como se fossem dois compressores em série, conforme Figura 118, apresentando as seguintes vantagens:

- Redução da taxa de compressão e da temperatura de descarga para cada compressor;
- O separador de líquido é usado para:
  - Sub-resfriamento do líquido antes do evaporador;
  - Dessuperaquecimento do gás e descarga do 1º estágio.
- Usa um único fluido frigorífico;
- Faixa de aplicação de  $-30^{\circ}\text{C}$  a  $-70^{\circ}\text{C}$ .

**Figura 118** - Princípio de sistema de duplo estágio de compressão com separador de líquido



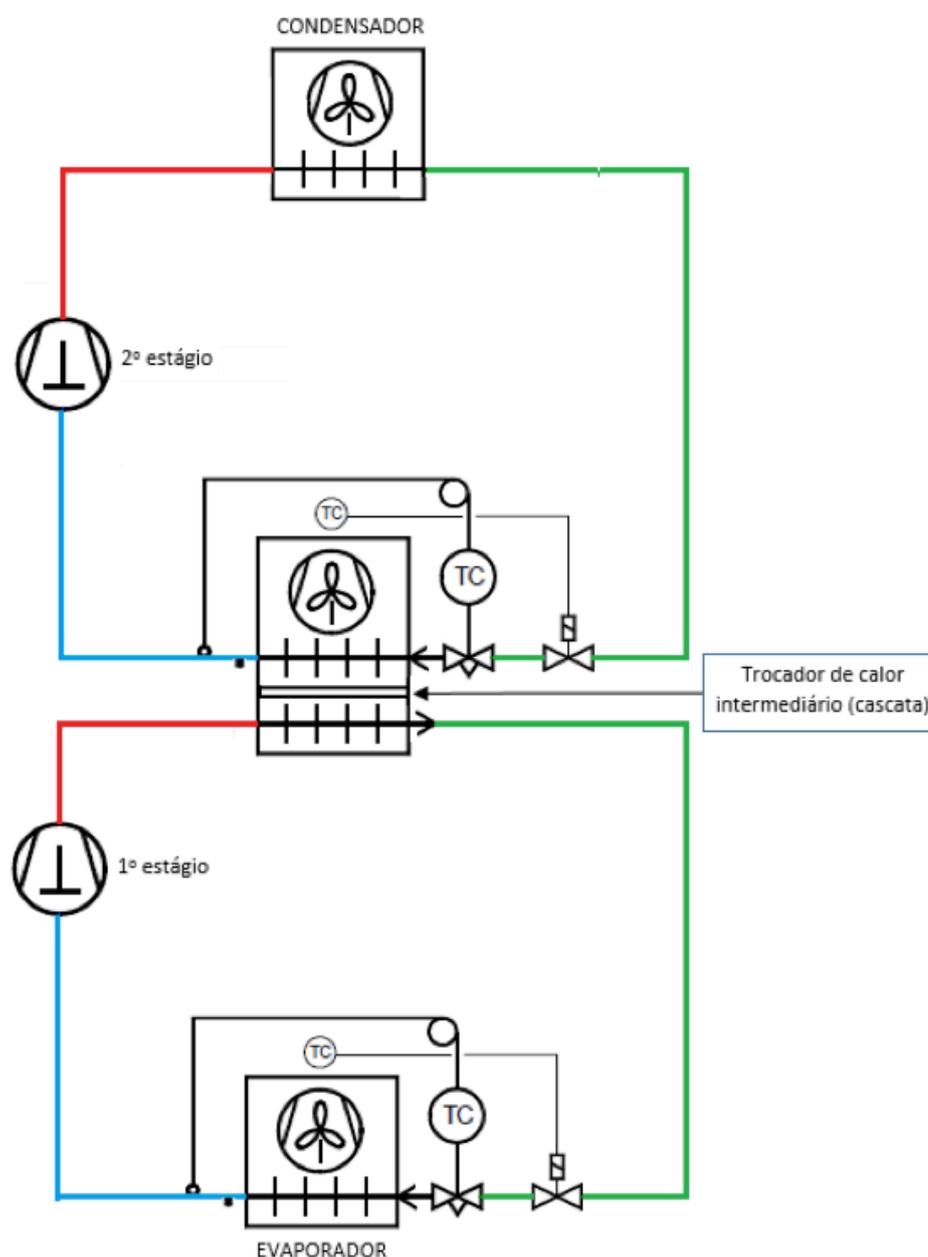
## 6.3.6.2 Princípio de sistema em Cascata

Este sistema apresenta duplo estágio de compressão, com dois circuitos independentes e dois tipos de fluídos frigoríficos, conforme Figura 119, tendo as seguintes características:

- O compressor irá operar como um compressor por cada circuito;
- Redução da taxa de compressão e da temperatura de descarga de cada compressor;
- O trocador de calor é usado como evaporador do 2º estágio e para a rejeição do calor do 1º estágio;
- Usa dois tipos de fluidos frigoríficos, permitindo atingir temperaturas inferiores;
- Faixa de aplicação de  $-30^{\circ}\text{C}$  a  $-90^{\circ}\text{C}$ ;

É possível utilizar fluidos naturais em um ou nos dois estágios.

Figura 119 - Princípio de sistema em cascata de compressão



## 6.4 Sistema de retorno de óleo

Para grandes aplicações comerciais, os sistemas de compressores paralelos proporcionam diversificação, flexibilidade, correspondência de carga e maior eficiência, o que leva a menores custos operacionais quando comparados com sistemas de compressores únicos.

Os sistemas de compressores paralelos empregam dois ou mais compressores a uma linha central de sucção comum e uma linha central de descarga comum. Contudo, os sistemas de compressores paralelos podem frequentemente ter problemas relacionados ao óleo.

Um dos problemas comuns é manter o nível correto de óleo em cada compressor. Outro problema surge durante a separação do óleo do fluido refrigerante na linha de descarga, frequentemente superdimensionada em cargas parciais. Esse fato provoca velocidades mais baixas do fluido refrigerante na linha de descarga em cargas parciais, que na maioria das vezes se relacionam com óleo não sendo movido ao longo das linhas como projetado.

### 6.4.1 Variação de carga

À medida que as cargas variam, um transdutor de pressão montado na linha central de sucção, ligado a um microprocessador, liga e desliga os compressores em resposta a mudanças de cargas. Por conta disto, o retorno de óleo muitas vezes não é igual em todos os compressores.

Alguns compressores podem ficar com muito óleo e alguns com pouco óleo. Mesmo uma pequena diferença na taxa de bombeamento entre os compressores de mesmo tamanho ou até mesmo diferenças significativas nas taxas de bombeamento, ocorridas por compressores de diferentes tamanhos em *racks* paralelos, poderão causar taxas desiguais de retorno de óleo para os compressores envolvidos.

A solução para este problema de óleo é a utilização de um sistema de separação e retorno de óleo, que separa o óleo do fluido refrigerante e mantém todos os compressores com quantidades iguais de óleo. Neste caso, pode ser utilizado um controle de nível coletivo ou individual de óleo dos compressores.

Para o controle coletivo de óleo, uma linha de equalização de nível de óleo pode ser utilizada. Para o controle individual de nível de óleo, um regulador pode ser utilizado em cada compressor.

**Figura 120** - Exemplo de regulador mecânico de nível de óleo



## 6.4.2 Separador de óleo

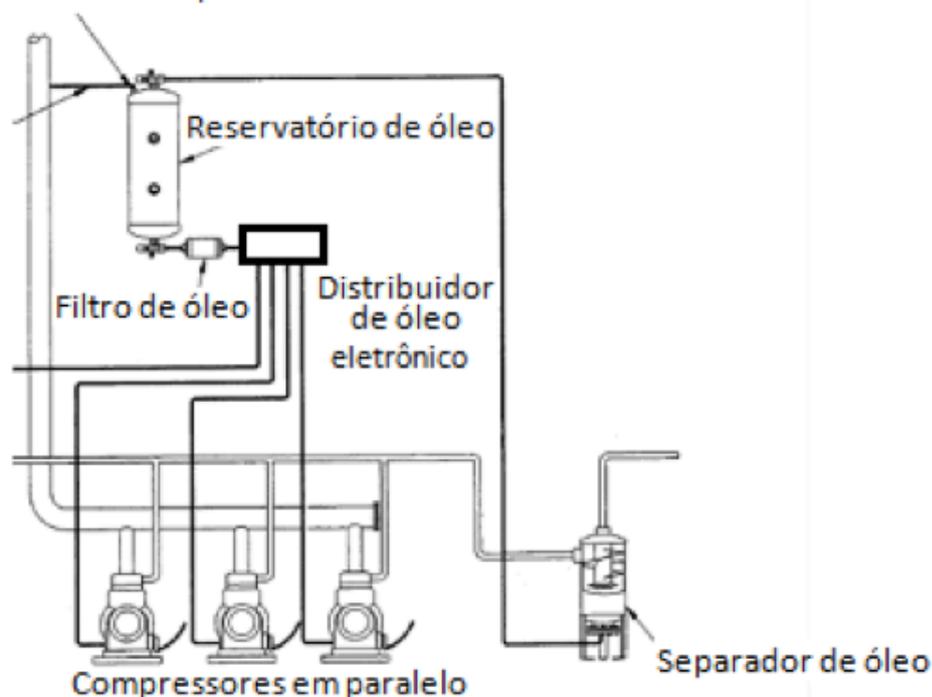
À medida que o fluido frigorífico de descarga misturado com óleo entra no separador de óleo como um nevoeiro, sua velocidade é imediatamente reduzida. Esta baixa velocidade é a chave para uma boa separação de óleo. Os defletores do separador fazem com que a mistura de neblina de óleo desacelere rapidamente. Isso faz com que partículas de óleo muito pequenas colidam umas com as outras e formem partículas maiores e pesadas. As telas de malha fina separam ainda mais a mistura de óleo e fluido frigorífico, fazendo com que as maiores gotas de óleo se formem e caiam para o fundo do separador de óleo.

## 6.4.3 Sistema com separador e reservatório de óleo separados

Este sistema possui um separador de óleo responsável por separar o óleo do fluido frigorífico. O óleo que cai no fundo do separador segue para um reservatório de óleo, onde fica disponível para ser utilizado pelos compressores conforme necessidade. Um sistema com separador e reservatório e equalização de nível de óleo coletiva é mostrado na Figura 121.

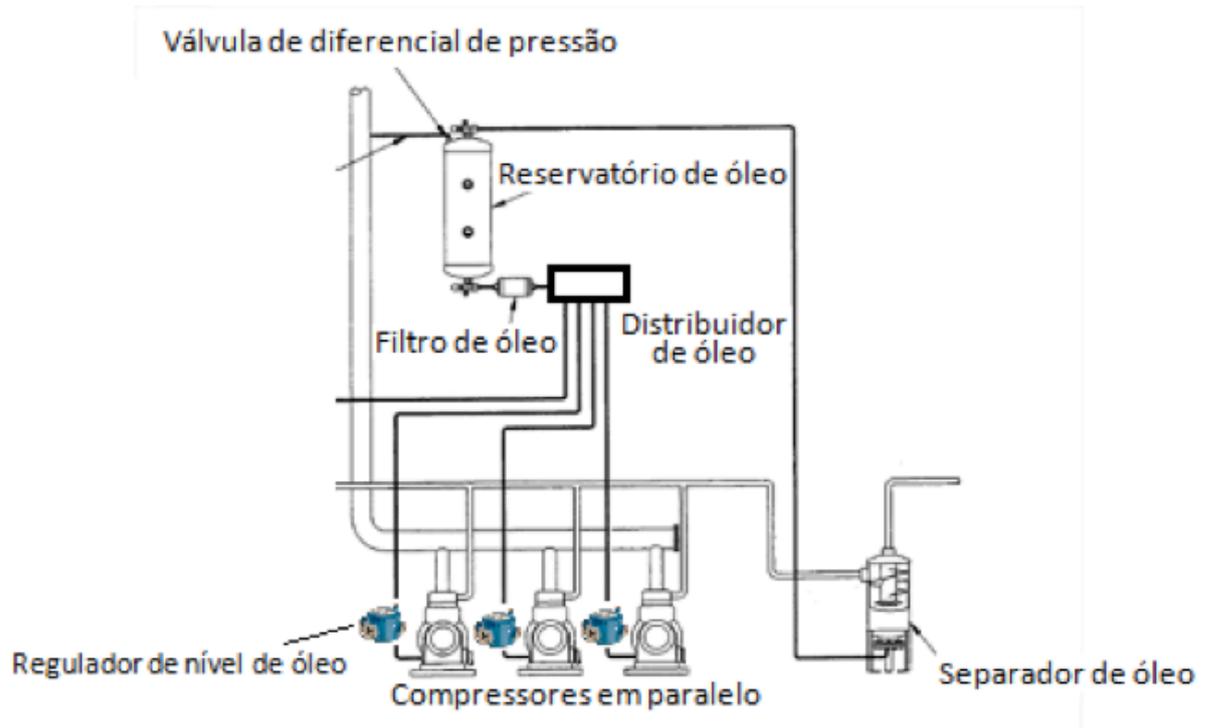
**Figura 121** - Princípio de sistema de retorno de óleo com controle coletivo do óleo

Válvula de diferencial de pressão



Outra maneira de controlar a quantidade de óleo dos compressores é usando reguladores de nível de óleo individuais, conforme Figura 122.

**Figura 122** - Princípio de sistema de retorno de óleo com controle individual do nível de óleo

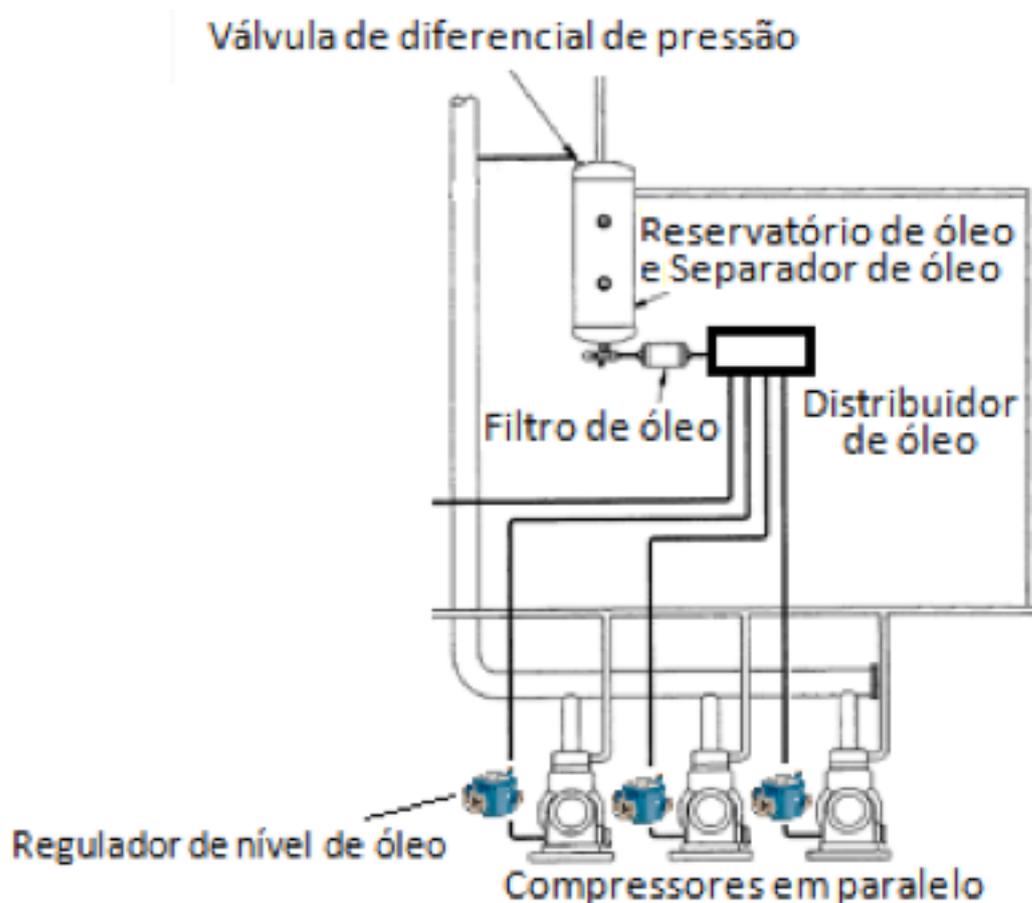


**Nota:** O reservatório de óleo, colocado distante do separador de óleo (ver Figura 122) consegue baixar em alguns graus a temperatura do óleo, que será introduzido nos compressores, aumentando a vida útil dos mesmos.

## 6.4.4 Sistema com separador e reservatório de óleo incorporados

Outro sistema de óleo utilizado é o com separador e reservatório de óleo incorporados em uma única peça, conforme Figura 123, cuja vantagem é ter dois componentes em um só, porém a temperatura do óleo fica mais elevada.

**Figura 123** - Princípio de sistema de retorno de óleo com separador e reservatório de óleo incorporados em uma única peça



# 7 Ambiente de trabalho e ferramentas

## 7.1 Área de trabalho

Um ambiente limpo e organizado oferece maior segurança e melhor acesso para a realização dos serviços técnicos. Sujeiras, nos compressores, condensadores, evaporadores e em componentes acessórios tornam difícil a detecção dos vazamentos e podem criar a impressão de que os responsáveis não estão preocupados com a manutenção do equipamento. A sala de máquinas e todo o sistema frigorífico devem ser mantidos bem limpos, isentos de óleo e sujeira.

Os componentes sujeitos à corrosão devem ser pintados com inibidor de ferrugem.

## 7.2 Sala de máquinas

A sala de máquinas de um sistema de refrigeração deve abrigar equipamentos relacionados ao próprio sistema de refrigeração, especialmente aqueles do lado de alta pressão e compressores, por questões de segurança.

Equipamentos auxiliares, lubrificantes, materiais combustíveis, peças de reposição e cilindros com fluido frigorífico não devem ser armazenados no interior da sala de máquinas para não prejudicar a segurança ou reduzir a produtividade devido à desordem (maior custo de manutenção). Na Figura 124 é apresentada uma sala de máquinas devidamente limpa e organizada.

A sala de máquinas deve possuir ventilação adequada para o exterior e ventilação mecânica de emergência, e deve ser dimensionada de forma a ter espaço suficiente para acesso aos equipamentos para fins de manutenção, operação e reparos. Todos os tubos que atravessam paredes, tetos ou pisos para o ambiente interior devem ser rigidamente fixados às paredes, tetos ou pisos por onde passam.

**Figura 124** - Exemplo de sala de máquinas limpa



Toda sala de máquinas deve possuir portas estanques e portas que abram para fora com fechamento automático (caso elas se abram da sala de máquinas para o interior do edifício) e em quantidade adequada para assegurar liberdade à saída de pessoas em caso de emergência. Com exceção das portas de acesso, dos painéis de dutos de ar e das unidades de tratamento de ar, não deve haver aberturas que permitam a passagem do fluido frigorífico para outras partes do edifício em caso de vazamento.

Toda sala de máquinas de refrigeração deve possuir detectores de vazamentos, localizados nas áreas onde o fluido frigorífico proveniente de um vazamento possa se concentrar, de forma a acionar o sistema de alarme e a ventilação mecânica de emergência.

Em casos de emergência, uma saída imediata da sala de máquinas deve estar disponível e de fácil manuseio. Equipamentos adequados de combate a incêndio devem estar disponíveis e aberturas externas, se existentes, não devem estar abaixo de qualquer saída ou escadaria de emergência. As paredes, pisos e tetos devem ser rígidos e de material não combustível.

O acesso à sala de máquinas deve ficar restrito a pessoas autorizadas. As portas devem ser claramente sinalizadas ou sinais permanentes devem ser colocados em cada entrada para indicar restrição.

Exigências gerais e específicas para sala de máquinas de refrigeração podem ser observadas de forma detalhada na norma ABNT NBR 16069/2010.

## **7.3** Abertura do circuito de refrigeração

No caso de existir a necessidade de intervenção e abertura do sistema de refrigeração, seja por mudança na instalação ou manutenção corretiva, deve ser averiguado se existe fluido frigorífico no sistema. Caso exista, deve-se recolher, reciclar e reutilizar o fluido.

## 7.4 Ferramentas para manuseio de fluidos refrigerantes

Ferramentas apropriadas e em boas condições são essenciais para se manter a boa qualidade no trabalho e segurança. Além de chaves e alicates, o técnico de refrigeração também deverá portar algumas ferramentas básicas para o manuseio correto e seguro dos fluidos refrigerantes, bem como aferição mínima das condições do sistema refrigerante.

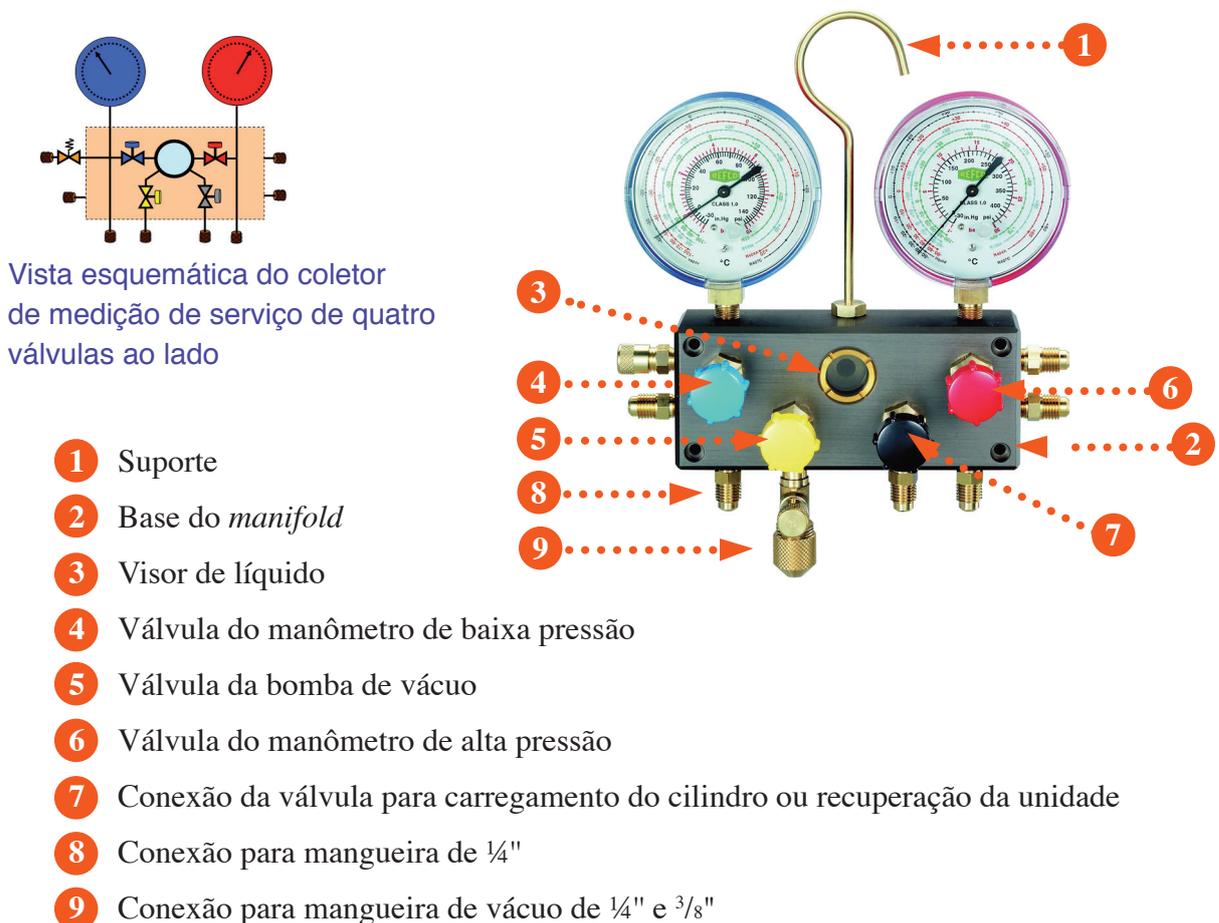
Nesta sessão são apresentadas algumas das ferramentas consideradas essenciais para o manuseio de sistemas com fluidos refrigerantes.

### 7.4.1 Conjunto *Manifold*

São utilizados para as medições de pressões e temperaturas de operação de equipamentos de refrigeração e ar condicionado, para fins de transferência de fluido refrigerante e para a evacuação do sistema.

Os manômetros (alta/baixa pressão) são montados juntos a base com válvulas a fim de facilitar o manuseio.

**Figura 125** - Exemplo de conjunto *manifold* com base de quatro válvulas



## 7.4.2 Vacuômetro

Instrumento capaz de medir pressões abaixo da pressão atmosférica.

Figura 126 - Exemplo de vacuômetro



## 7.4.3 Bomba de vácuo

Aparelho destinado a produção de pressão abaixo da pressão atmosférica (vácuo).

Figura 127 - Exemplo de bomba de vácuo de duplo estágio



## 7.4.4 Recolhedora

Aparelho capaz de remover o fluido refrigerante de um sistema para um cilindro apropriado.

Figura 128 - Exemplo de recolhedora



## 7.4.5 Mangueira e acessórios para transferência de fluido refrigerante

Ao utilizar mangueiras e acessórios para transferência de fluido refrigerante, observe a pressão máxima de operação e o estado de conservação para evitar acidentes e vazamentos.

As mangueiras não devem apresentar rachaduras e devem possuir os *orings* em bom estado.

**Figura 129** - Exemplo de mangueira padrão para fluido refrigerante com duas conexões fêmeas de 1/4"



**Figura 130** - Exemplo de mangueira com válvula de esfera



## 7.4.6 Ferramentas para perfuração de tubos

A válvula perfuradora e alicate perfurador são ferramentas usadas para obter o acesso das mangueiras ao sistema de refrigeração sem o escape de fluido refrigerante.

**Cuidado:** As ferramentas para perfuração de tubos devem ser utilizadas somente para instalação temporária no sistema, caso contrário será uma fonte potencial de vazamentos de fluido refrigerante.

**Figura 131** - Exemplo de válvula perfuradora



**Figura 132** - Exemplo de alicate perfurador



## 7.4.7 Ferramenta para substituição de núcleo *Schrader*

Esta ferramenta possui uma válvula de passagem, componentes de vedação interna e haste de remoção, permitindo a substituição do núcleo da válvula *Schrader* sem a perda de fluido refrigerante.

**Para utilizar esta ferramenta siga os passos abaixo:**

1. Mantenha a válvula de passagem da ferramenta fechada;
2. Conecte a ferramenta na válvula *Schrader*;
3. Abra a válvula de passagem da ferramenta;
4. Introduza a haste de remoção até o núcleo da válvula *Schrader* e a retire;
5. Levante a haste de remoção magnética com o núcleo da válvula *Schrader* e feche a válvula de passagem da ferramenta;
6. Substitua o núcleo da válvula *Schrader* e repita o procedimento, para instalar o novo núcleo.

**Figura 133** - Exemplo de ferramenta para remoção de núcleo de válvula *Schrader*



## 7.4.8 Engates rápidos

Este dispositivo permite que mangueiras e tubulações se interliguem de forma rápida e prática. Contudo, o seu uso deve ser limitado a intervenções de manutenções necessárias, sendo substituído por conexões apropriadas para a operação normal do sistema.

**Figura 134** - Exemplo de conjunto de engate rápido do tubo à mangueira de fluido refrigerante



## 7.4.9 Termômetro de contato

Instrumento utilizado para medir temperatura, sendo que seu sensor deve estar em contato com o objeto ou substância no qual se deseja obter a temperatura.

**Nota:** O local de contato deverá estar limpo e isolado para evitar erros de leitura.

Figura 135 - Exemplo de termômetro de contato



## 7.4.10 Termômetro infravermelho

Instrumento utilizado para medir temperatura sem o contato com o objeto.

**Importante:** Os cuidados com relação à distância adequada e ao ambiente deverão seguir as recomendações do fabricante para evitar erros de leitura.

Figura 136 - Exemplo de termômetro infravermelho



## 7.4.11 Balança

Instrumento utilizado para se medir a quantidade de fluido refrigerante introduzido ou retirado do sistema de refrigeração.

Figura 137 - Exemplo de balança



## 7.5 Ferramentas elétricas

### 7.5.1 Alicate amperímetro

Instrumento capaz de medir grandezas elétricas, tais como tensão, resistência e corrente elétrica. No caso da corrente elétrica, esta pode ser medida por meio de campo magnético.

Figura 138 - Exemplo de alicate amperímetro



### 7.5.2 Multímetro

Instrumento capaz de medir grandezas elétricas, tais como tensão, resistência e corrente elétrica. No caso da corrente elétrica, esta pode ser medida com intervenção no sistema.

Figura 139 - Exemplo de multímetro



### 7.5.3 Alicates e chaves isolados

O uso de alicates e chaves em trabalhos elétricos devem seguir as recomendações da norma ABNT NBR 5410 e regulamento NR-10. Essas peças devem possuir cabos totalmente isolados e, no caso das chaves, devem possuir hastes também isoladas para evitar acidentes.

**Figura 140** - Exemplo de alicates com cabo isolado



**Figura 141** - Exemplo de chave de fenda com isolamento no cabo e na haste



## 7.6 Manutenção dos equipamentos e ferramentas

A manutenção dos equipamentos e ferramentas abrange todas as ações necessárias para manter os materiais em boas condições de trabalho, podendo ser preventiva ou corretiva. A manutenção inclui inspeções programadas, lubrificação e troca de óleo/lubrificante para garantir o bom funcionamento.

1. A manutenção de rotina é uma necessidade devido à utilização de equipamentos e ferramentas eletromecânicas;
2. Ações de manutenção preventiva programada de equipamentos e ferramentas visam evitar avarias e falhas inesperadas durante as atividades de a manutenção ou reparo;
3. O objetivo básico da manutenção é reduzir as falhas de ferramentas e equipamentos;
4. A manutenção é necessária para preservar e melhorar a confiabilidade das ferramentas e equipamentos;
5. A manutenção contribui para segurança e produtividade e evita desperdício, interrupção, acidentes e outros transtornos.

#### Óleo da bomba de vácuo

O nível do óleo deve ser verificado através do visor de óleo antes de cada utilização do equipamento. A principal causa de falha na bomba de vácuo é o baixo nível de óleo ou a presença de óleo contaminado. O óleo da bomba de vácuo deve ser trocado regularmente.

De acordo com as instruções do fabricante, a troca do óleo deve ser realizada após 100 horas de funcionamento ou após 200 reparos no sistema, ou mesmo antes, se o fluido refrigerante for recolhido de um sistema altamente contaminado. Use somente óleo de boa qualidade de acordo com o recomendado pelo fabricante.

**Figura 142** - Exemplo de bomba de vácuo de duplo estágio e recipientes de óleo



- 1 Bomba de vácuo de duplo estágio 40 L/min (1,44 CFM) a 280 L/min (9,64 CFM), vácuo de ruptura descendo até 0,16 mbar (12 microns de mercúrio), provida de válvula de balastro de gás
- 2 Válvula solenoide
- 3 Cabo com exaustão do ar purgado
- 4 Manômetro para vácuo (relativo)
- 5 Visor do nível de óleo
- 6 Filtro de névoa de óleo
- 7 Conexão para mangueira de 3/8"
- 8 Bomba de vácuo 198 L/min (7 CFM)
- 9 Recipiente de óleo da bomba de vácuo (diferentes dimensões)

# 8 Recolhimento, reciclagem e regeneração do fluido refrigerante

## 8.1 Recolhimento

Recolher significa remover o fluido refrigerante de um sistema em qualquer condição e estocá-lo em um recipiente adequado.

Para o recolhimento de fluidos refrigerantes o uso de uma recolhadora é necessário. Algumas recolhadoras são combinadas com seções de limpeza, separação de óleo e filtragem. Estas unidades são descritas como unidades de reciclagem ou combinação de unidade de recolhimento e reciclagem.

Existem três tipos de aparelhos disponíveis, que podem ser independentes ou dependentes do sistema ou passivos, conforme apresentado a seguir:

### **Recolhimento independente**

A recolhadora independente tem seu próprio compressor (ou algum outro mecanismo de transferência) para bombear fluido refrigerante para fora do sistema. Não requer assistência de qualquer componente do sistema que esteja sendo recuperado.

### **Recolhimento dependendo do sistema**

Recolhadoras dependentes do sistema dependem do compressor do aparelho, e/ou da pressão do fluido refrigerante do aparelho, para assistir no recolhimento do fluido refrigerante. O recolhimento que use apenas um cilindro de recolhimento resfriado se enquadra nesta categoria.

### **Recolhimento passivo**

O recolhimento passivo é voltado para pequenas quantidades de fluidos refrigerantes (refrigeradores domésticos, sistemas de ar condicionado do tipo janela e *mini-split*). É realizado por meio da diferença de pressão entre o aparelho e o equipamento de armazenagem do fluido.

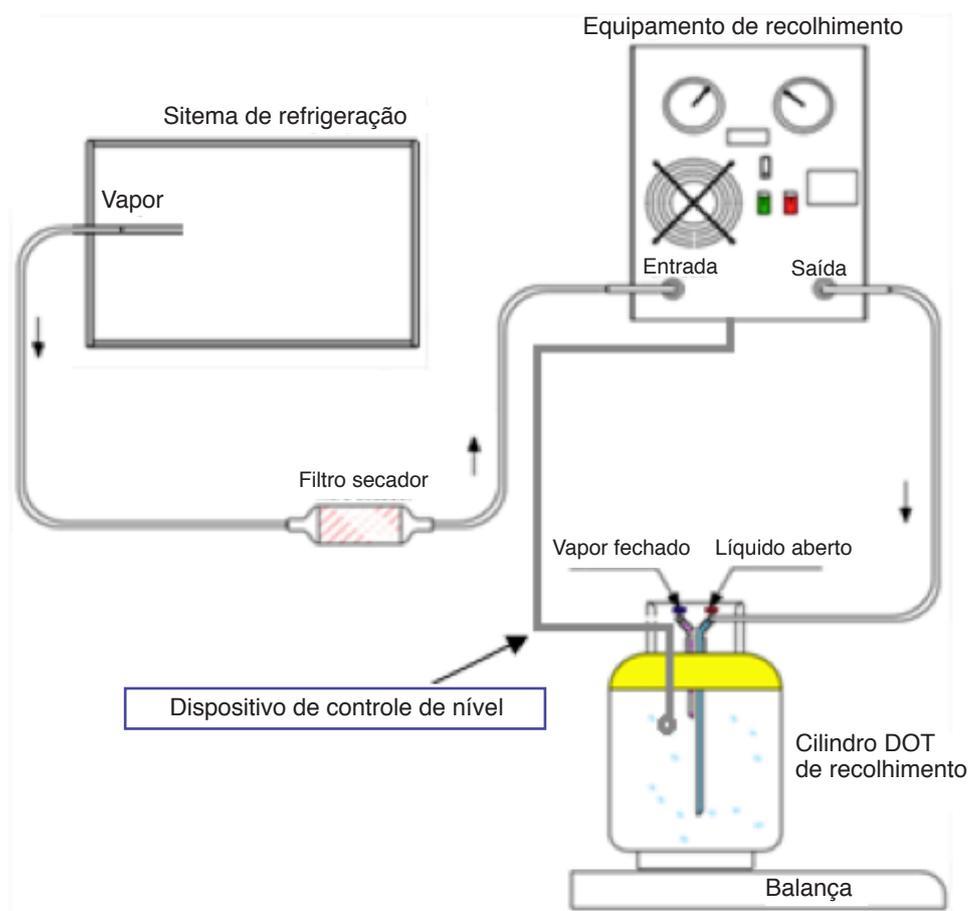
## 8.1.1 Métodos de recolhimento do fluido refrigerante

Os métodos de recolhimento dependem do tipo de fluido refrigerante a ser recuperado, o qual geralmente se divide em dois grupos gerais: alta pressão, onde o ponto de ebulição do fluido refrigerante fica entre  $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$  e  $10\text{ }^{\circ}\text{C}$  à pressão atmosférica; e, baixa pressão, onde o ponto de ebulição fica acima de  $10\text{ }^{\circ}\text{C}$  à pressão atmosférica. Fluidos refrigerantes de alta pressão incluem: CFC-12, HFC-134a e HCFC-22. Os fluidos refrigerantes de baixa pressão incluem: CFC-11, CFC-113, HCFC-141b e HCFC-123.

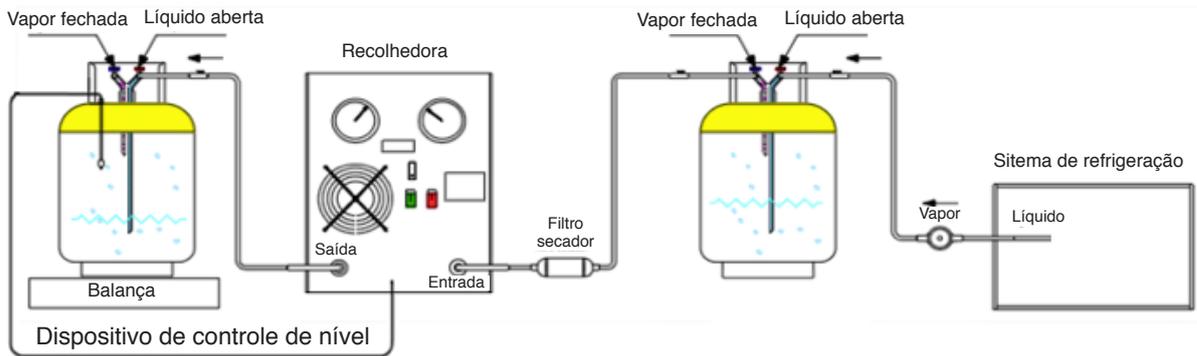
**Os três métodos diferentes de recolhimento de fluido refrigerante são:**

1. Recolhimento por transferência de vapor (para sistemas pequenos);
2. Recolhimento por transferência de líquido;
3. Recolhimento rápido “*push-pull*” para cargas de fluido refrigerante acima de 4,5 kg.

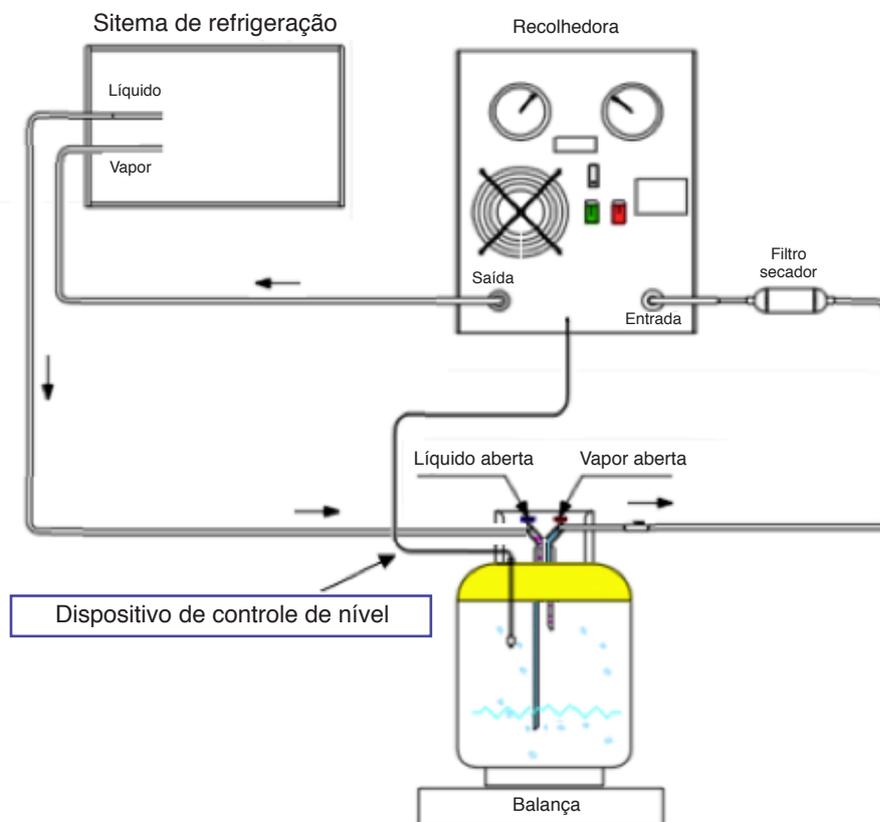
**Figura 143 -** Recolhimento por transferência de vapor



**Figura 144** - Recolhimento por transferência de líquido e separação de óleo



**Figura 145** - Recolhimento rápido (*push-pull*)



O procedimento de recolhimento ativo, por transferência de líquido (*push-pull*), conforme apresentado na Figura 145, consiste na extração do fluido frigorífico do sistema de refrigeração, por meio de equipamento apropriado, utilizando um cilindro intermediário, e na armazenagem do fluido recolhido em cilindros e/ou tanques retornáveis. Este método garante um desempenho até 300 vezes mais rápido que o da fase de vapor e é o método mais utilizado em sistemas de médio e grande porte.

Um cilindro intermediário com válvula de líquidos (pescador) é conectado entre o sistema e a máquina recolhedora. O cilindro intermediário extrai o fluido frigorífico por meio da válvula de líquidos (fase líquida) do sistema. A máquina recolhedora, então, extrai o fluido frigorífico do cilindro intermediário por meio da válvula (fase vapor) e, por sua vez, pressuriza a linha de vapor do equipamento, forçando a saída do fluido frigorífico na fase líquida.

O fluido refrigerante remanescente deve ser recolhido pelo processo ativo por transferência de vapor, conforme Figura 143.

**Nota:** A norma ABNT NBR 15960/2011 (Fluidos Refrigerantes - Recolhimento, Reciclagem e Regeneração (3Rs) – Procedimentos) deve ser seguida.

**Dicas especiais para o recolhimento de fluido refrigerante:**

1. Sempre utilize as mangueiras de refrigeração mais curtas possíveis;
2. Use mangueiras com grande diâmetro (por exemplo 3/8"), se possível;
3. Remova os núcleos de válvula do sistema e das mangueiras, se possível;
4. Use uma pistola de calor (ou secador de cabelo) para evaporar o fluido refrigerante (líquidos presos). Manchas são visíveis quando a umidade condensa por fora;
5. Use primeiro o recolhimento por transferência de líquido, quando possível;
6. Evacue cilindros de recolhimento vazios e equipamentos antes do uso;
7. Use ferramentas “inteligentes”, por exemplo, ferramenta de remoção do núcleo.

## 8.1.2 Dispositivos antitransbordamento

Os cilindros de armazenamento devem possuir dispositivo antitransbordamento para o controle do nível máximo de enchimento do cilindro. Estes dispositivos irão, automaticamente, limitar a quantidade do fluido refrigerante transferido respeitando o nível de oitenta por cento do seu volume líquido.

Os dispositivos antitransbordamento devem funcionar como um dispositivo de segurança, porém, na maioria das máquinas, esses interruptores simplesmente desligam a recolhadora sem parar o fluxo do fluido refrigerante, o que poderá resultar em um cilindro excessivamente cheio colocando o técnico em uma situação extremamente perigosa.

**A seguir são apresentados os perigos conhecidos em situações comuns:**

1. Durante procedimentos de recolhimento rápido “*push-pull*”, uma vez tendo sido dada partida em algum sifão, o dispositivo antitransbordamento simplesmente desliga a máquina de recolhimento, mas não impede o fluxo de fluido refrigerante para o tanque;
2. Porém, ao utilizar um cilindro com uma grande quantidade de fluido refrigerante frio e recolhendo de um sistema a uma temperatura mais alta, o desligamento da máquina não fará com que o fluido refrigerante pare de migrar para o ponto mais frio (neste caso, o tanque de recolhimento), enchendo excessivamente o cilindro mesmo com a recolhadora desligada.

**Cuidado:** O dispositivo antitransbordamento nem sempre impede um enchimento excessivo do cilindro. O técnico deverá estar ciente da probabilidade dos riscos à segurança e deve acompanhar o processo de recolhimento de forma contínua, utilizando, adicionalmente, uma balança para controle do peso do cilindro.

**Atenção:** Nenhum processo que envolva conexões temporárias e sistemas sob pressão deverá ser deixado sozinho pelo técnico!

## 8.1.3 Recolhimento de um sistema de refrigeração comercial

### Transferência de líquido

Se for possível aplicar o método de recolhimento rápido “*push-pull*” proceda da seguinte forma:

- A válvula de saída do tanque de líquido do sistema de refrigeração deve ser conectada na válvula de líquido do cilindro de recolhimento.
- O lado de vapor do cilindro de recolhimento deve ser conectado à mangueira central do conjunto *manifold* e o manômetro de sucção do *manifold* deve ser conectado à entrada da recolhedora.
- A descarga da recolhedora deve ser conectada à válvula do lado da descarga do compressor do sistema de refrigeração.

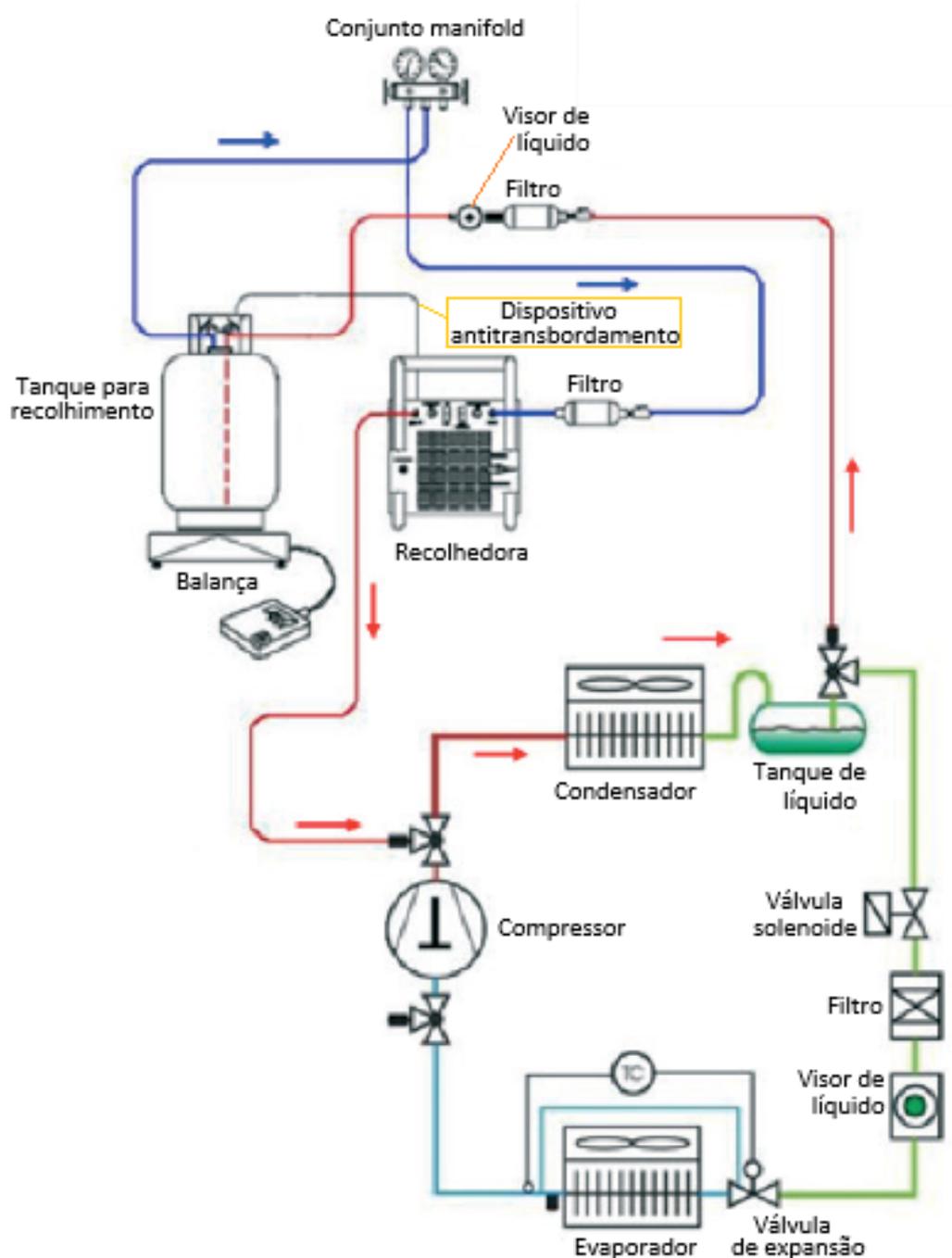
### Com compressor em funcionamento

- Opere o sistema com a válvula do tanque de líquido fechada. Bombeie o fluido frigorífico até que seja transferido para o condensador e o tanque. Desligue o sistema!
- Feche a válvula de descarga do compressor. Opere o *manifold* para criar o fluxo do fluido frigorífico líquido com a recolhedora em operação. Agora o líquido flui da linha de descarga do compressor para o condensador, entrando no tanque de líquido e no cilindro de recolhimento. A recolhedora irá manter a pressão no interior do cilindro menor que a do tanque e condensador, mantendo fluxo de líquido.
- Quando não houver mais líquido passando pelo visor de líquido, significa que não há mais fluido frigorífico no sistema.

### Com compressor desligado

- Desligue o sistema. Todas as válvulas globo e válvulas solenoide devem estar abertas. Para isto, uma ligação elétrica para a bobina da válvula solenoide deve ser fornecida manualmente ou, melhor ainda, seria operar a válvula solenoide com uma bobina magnética.
- Opere o conjunto *manifold* para criar o fluxo do fluido frigorífico líquido com a recolhedora em operação. Monitore a transferência de fluido frigorífico líquido por meio da observação do visor de líquido.
- Agora o líquido flui da saída da recolhedora para a linha de descarga do compressor dentro do sistema e no cilindro de recolhimento. A recolhedora irá manter a pressão no interior do cilindro menor do que a pressão do sistema, mantendo o fluxo de líquido.
- Quando não há mais líquido passando pelo visor de líquido, significa que não há mais fluido frigorífico no sistema.

**Figura 146** - Exemplo de método “*push-pull*” para sistemas de refrigeração comercial por transferência de líquido

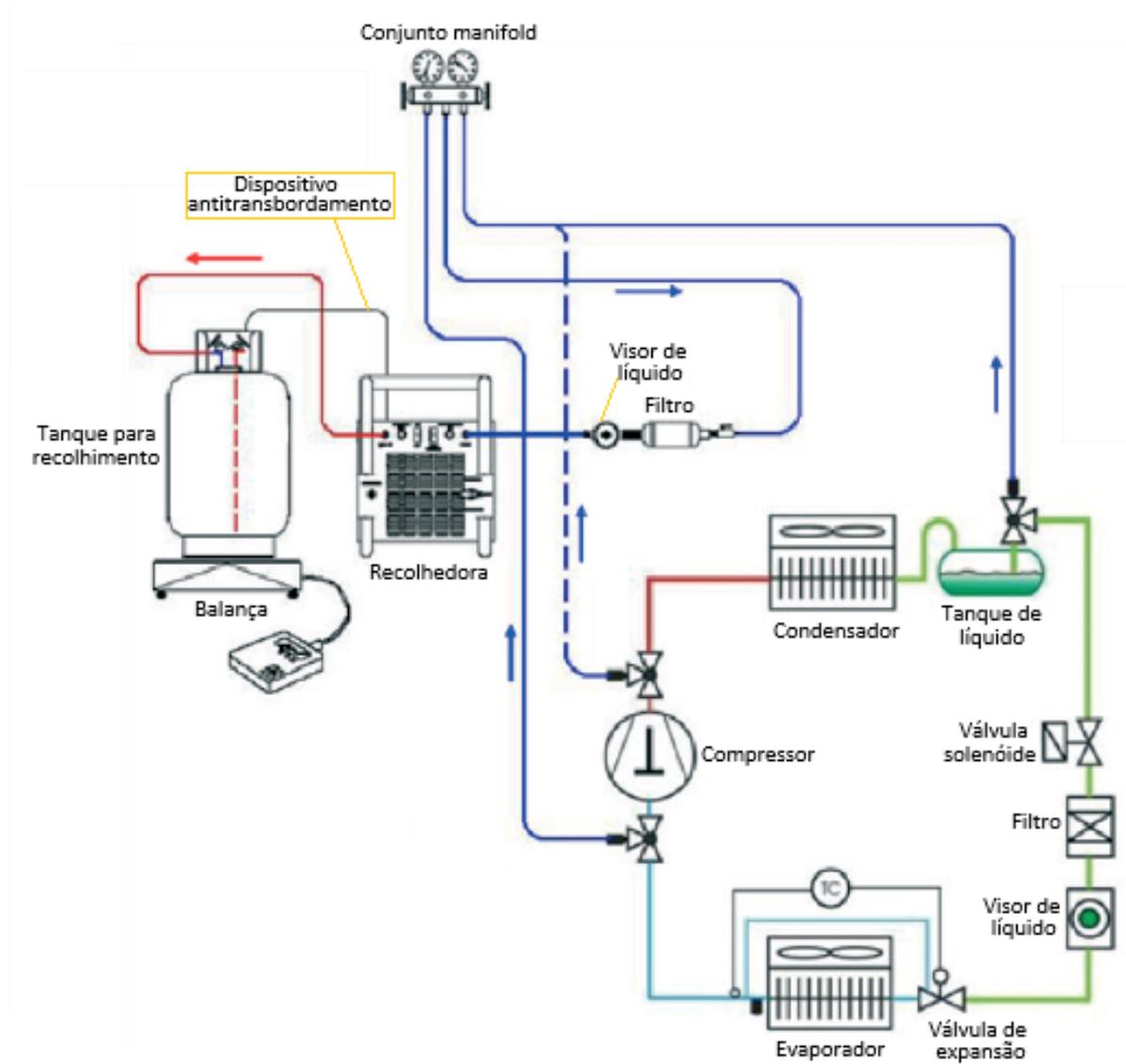


### Transferência de vapor

Quando a transferência de líquido for concluída, conecte as mangueiras de ambos os lados de alta e baixa pressão (utilize *manifold* de serviço). A descarga (saída) da recolhedora é conectada na válvula de vapor do cilindro de recolhimento. A conexão do lado de alta do sistema pode ser feita no tanque de líquido ou no compressor.

Certifique-se de que todas as válvulas de serviços e globo estão abertas para evitar o "bloqueio" do fluido frigorífico.

**Figura 147** - Exemplo de método “push-pull” para sistemas de refrigeração comercial (processo ativo por transferência de vapor)



## 8.1.4 Reutilização do fluido recolhido

Na maioria dos casos, o fluido refrigerante recolhido pode ser recarregado no mesmo sistema de origem, após o reparo, caso o fluido refrigerante não esteja contaminado, como, por exemplo, na situação de desgaste ou queima de um compressor. Também é possível a reutilização de fluidos refrigerantes recolhidos em um sistema similar após a sua limpeza, com a utilização de uma unidade de reciclagem para remoção da umidade, das partículas, dos ácidos e dos gases não condensáveis. Para que possa ser devidamente reciclado, é essencial que o fluido refrigerante tratado não seja contaminado (misturado) com outros tipos de fluido refrigerante.

Os principais contaminantes presentes nos fluidos refrigerantes são: umidade, ácidos, gases não condensáveis, material particulado, partículas de resíduos de alto ponto de ebulição, como óleo lubrificante e gases condensáveis. O Anexo 1 mostra o nível de contaminantes definidos na AHRI 740/2016.

Os contaminantes presentes nos fluidos prejudicam o funcionamento do sistema. A umidade diminui a eficiência do sistema e pode causar bloqueio no dispositivo de expansão por congelamento.

Os ácidos causam corrosão nos componentes do sistema de refrigeração e podem ser dos tipos orgânicos e inorgânicos. Os ácidos orgânicos estão, normalmente, contidos no lubrificante e são removidos no separador de óleo, na linha de líquido ou na linha de sucção por meio do filtro secador. Os ácidos inorgânicos, tais como ácido clorídrico, são removidos pela purga de não condensáveis e apresentam reações com superfícies metálicas.

Os gases não condensáveis provocam aumento de pressão e redução da eficiência no sistema de refrigeração e são constituídos principalmente por ar. Podem estar no interior de um equipamento de ar condicionado ou podem ser introduzidos durante a manutenção. O controle consiste em:

- Realizar o vácuo e a quebra do vácuo com a carga de fluido refrigerante impedindo a entrada de ar. Lembre-se que o ar pode penetrar mesmo em unidades pressurizadas com fluido refrigerante, como, por exemplo: na troca de uma garrafa de fluido refrigerante o ar contido na mangueira irá para o equipamento, reduzindo a eficácia do vácuo;
- Minimizar a infiltração de ar por meio da correta montagem do equipamento, com a utilização de técnicas apropriadas de conexão e procedimentos de manutenção.

Os materiais particulados provocam entupimento parcial ou total no dispositivo de expansão reduzindo a eficiência do sistema de refrigeração e podem ser removidos por meio de filtros simples ou secadores instalados na entrada da recolhedora.

Os resíduos de elevado ponto de ebulição consistem, principalmente, de lubrificante misturado ao fluido refrigerante, quando estes não são compatíveis.

Outros gases condensáveis consistem, principalmente, de outros fluidos refrigerantes. Eles podem ter sido gerados em pequenas quantidades durante a operação em altas temperaturas.

A mistura de fluidos é um caso especial de outros gases condensáveis em que o fluido resultante não atende às especificações do produto, mesmo que toda a umidade, ácidos, partículas, lubrificante e não condensáveis tenham sido removidos.

**Para evitar a mistura acidental de fluidos, deve-se:**

- Marcar claramente o recipiente para o tipo de fluido refrigerante específico;
- Limpar mangueiras ou equipamentos de recolhimento e reciclagem antes do início de qualquer procedimento, no caso em que são recolhidos e reciclados fluidos diferentes por um mesmo equipamento.

A separação de misturas de fluidos refrigerantes pode requerer a utilização de processos industriais mais avançados e que nem sempre estão disponíveis a custo acessível. Por isso, as misturas ou fluidos refrigerantes altamente contaminados devem ser tratados separadamente e/ou armazenados para posterior destruição, conforme legislação ambiental vigente.

**Atenção:** É sempre necessário saber qual é o fluido refrigerante que está contido no sistema!

Para a proteção do meio ambiente e para fins de reutilização dos fluidos refrigerantes recolhidos, o tipo do fluido deve ser conhecido. Não misture tipos diferentes de fluidos refrigerantes para não inviabilizar a reutilização!

**Métodos de identificação de fluidos refrigerantes:**

- Uso de identificador de fluido refrigerante;
- Placa de identificação;
- VET (Válvula de expansão termostática);
- Pressão e temperatura do fluido refrigerante.

**Figura 148** - Exemplo de identificador de fluidos refrigerantes



### Quantidade de recipientes de recolhimento necessária para procedimentos de recolhimento e reciclagem:

- 1 cilindro para cada tipo de fluido refrigerante;
- 1 cilindro para fluidos queimados e desconhecidos;
- 1 recipiente para o óleo lubrificante.

### Filtro secador

Lembre-se de usar um filtro secador ou filtro de partículas em sua recolhedora. Também é importante utilizar um filtro para acidez, pois os ácidos e partículas irão causar danos à recolhedora e ao sistema de ar condicionado, onde o fluido refrigerante contaminado será adicionado. O teste do fluido refrigerante pode ser feito com a medição de ácido e umidade do fluido refrigerante.

O recolhimento adequado viabiliza o posterior tratamento das substâncias recolhidas e a reutilização, diminuindo a demanda por fluidos novos (virgens) importados e, consequentemente, o consumo brasileiro de SDOs. O fluido refrigerante recolhido pode ter três destinações:

- a) Reciclagem no próprio local com a utilização de equipamentos adequados;
- b) Destinados às unidades de reciclagem ou centrais de regeneração;
- c) Destinado à incineração, caso não haja possibilidade de tratamento.

**Importante:** O fluido refrigerante recolhido pode ser vendido, possibilitando a obtenção de retorno financeiro e estimulando o fortalecimento do mercado de reciclagem no Brasil.

**Nota:** Os contatos e endereços das centrais e empresas de regeneração e reciclagem no Brasil estão disponíveis nos endereços dos *websites* do Protocolo de Montreal no Brasil e do PBH - Boas Práticas Refrigeração:

[www.boaspraticasrefrigeracao.com.br](http://www.boaspraticasrefrigeracao.com.br)

[www.protocolodemontreal.org.br](http://www.protocolodemontreal.org.br)

## 8.2 Reciclagem

Reciclar um fluido refrigerante significa reduzir os contaminantes como umidade, acidez e materiais particulados, permitindo que ele seja reutilizado com segurança e eficácia no aparelho de origem ou em outro aparelho similar.

## 8.2.1 Recicladora

O fluido refrigerante recolhido pode ser reutilizado no mesmo sistema do qual foi recolhido ou pode ser removido do local e processado para uso em outro sistema, dependendo da razão de seu recolhimento e da sua condição, ou seja, do nível e tipo de contaminantes que o fluido refrigerante contém.

Os contaminantes potenciais em fluidos refrigerantes são ácidos, umidade, gases não condensáveis e material particulado. Mesmo baixos níveis destes contaminantes podem reduzir a vida útil de um sistema de refrigeração e ar condicionado.

Fluidos refrigerantes contaminados (incluindo os fluidos recolhidos de uma unidade com um compressor hermético queimado) são reutilizáveis, desde que tenham sido recolhidos por uma recolhadora que possua um separador de óleo e filtros apropriados (unidade de reciclagem por filtragem).

As unidades de reciclagem (Figura 149) podem ser ligadas diretamente ao sistema de refrigeração ou ao cilindro de recolhimento contendo o fluido refrigerante contaminado.

**Figura 149** - Exemplo de recicladora doada pelo Plano Nacional de Eliminação dos CFCs (PNC)



**Geralmente, os principais componentes de limpeza da unidade de reciclagem são:**

1. Compressor;
2. Válvula de expansão (VET) ou regulador de pressão constante;
3. Acumulador de sucção e/ou separador de óleo com válvula de dreno de óleo;
4. Seções de filtro (uma ou mais);
5. Dispositivo de purga para gases não condensáveis (manual ou automático);
6. Condensador;
7. Cilindro de armazenamento.

A principal vantagem da reciclagem é que esta operação pode ser realizada no local de trabalho, ou em uma loja de serviço local, evitando assim custos de transporte. O processo de reciclagem em campo normalmente ocorre no momento do recolhimento do fluido frigorífico do sistema, com a utilização de equipamentos que permitam a redução dos contaminantes.

A fim de verificar se o grau de pureza do fluido frigorífico reciclado permite que ele seja reutilizado com segurança e eficácia no mesmo sistema ou em outro similar, deve-se realizar um teste de acidez. O teste requer uma amostra entre 100 g a 120 g e tem um limite mínimo de detecção de 0.1 ppm por unidade de massa. Se o teste de acidez acusar positivo, a carga total do fluido frigorífico deverá passar pelo processo de regeneração.

## 8.2.2 Sistemas de reciclagem

A unidade de reciclagem utiliza sistema de reciclagem de ciclo único ou contínuo. O método de ciclo único processa o fluido frigorífico através de um filtro secador ou destilação, e realiza apenas uma passagem por meio do processo de reciclagem para um cilindro de armazenamento (ver Figura 132). No método de ciclo contínuo, o fluido frigorífico circula pelo filtro secador várias vezes, e depois de um período de tempo ou número de ciclos, o fluido frigorífico é transferido para um cilindro de armazenamento (ver Figura 133).

**Figura 150** - Reciclagem de ciclo único

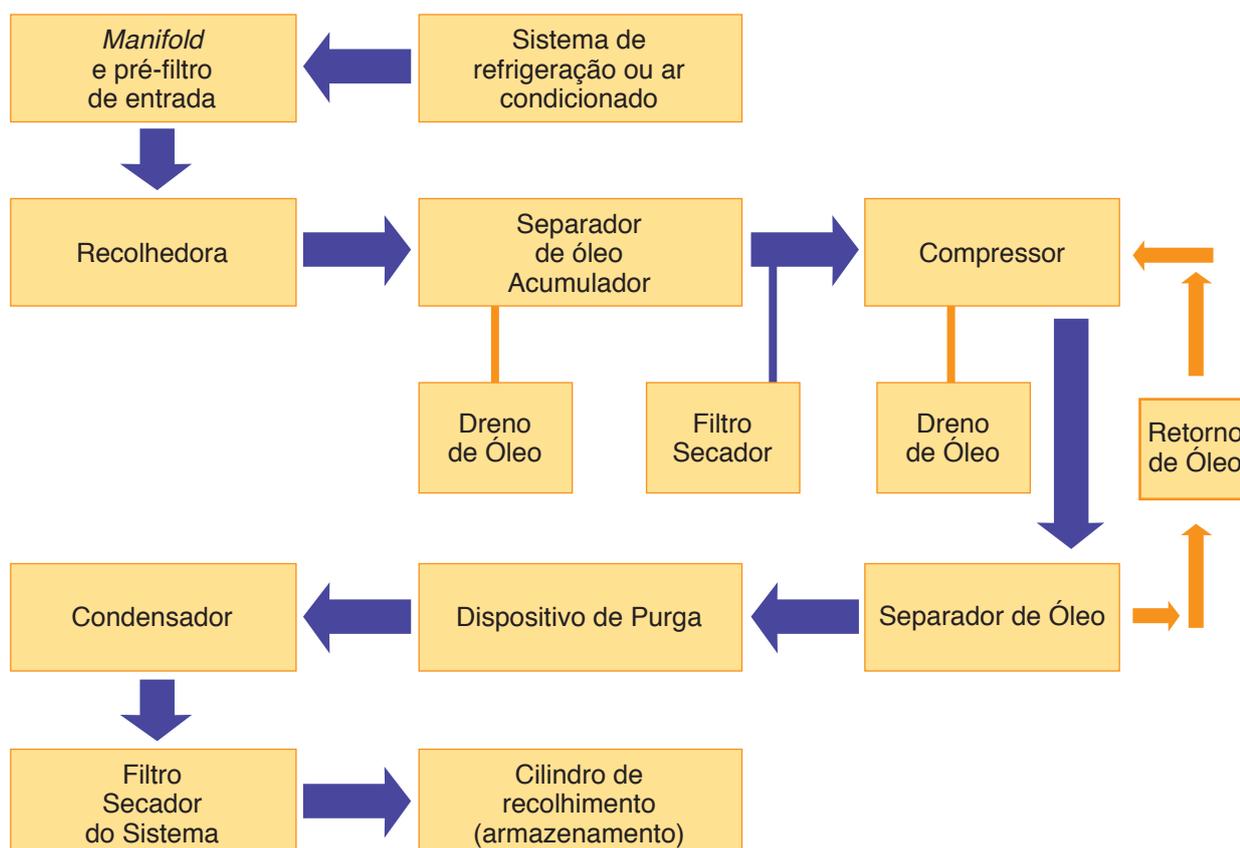
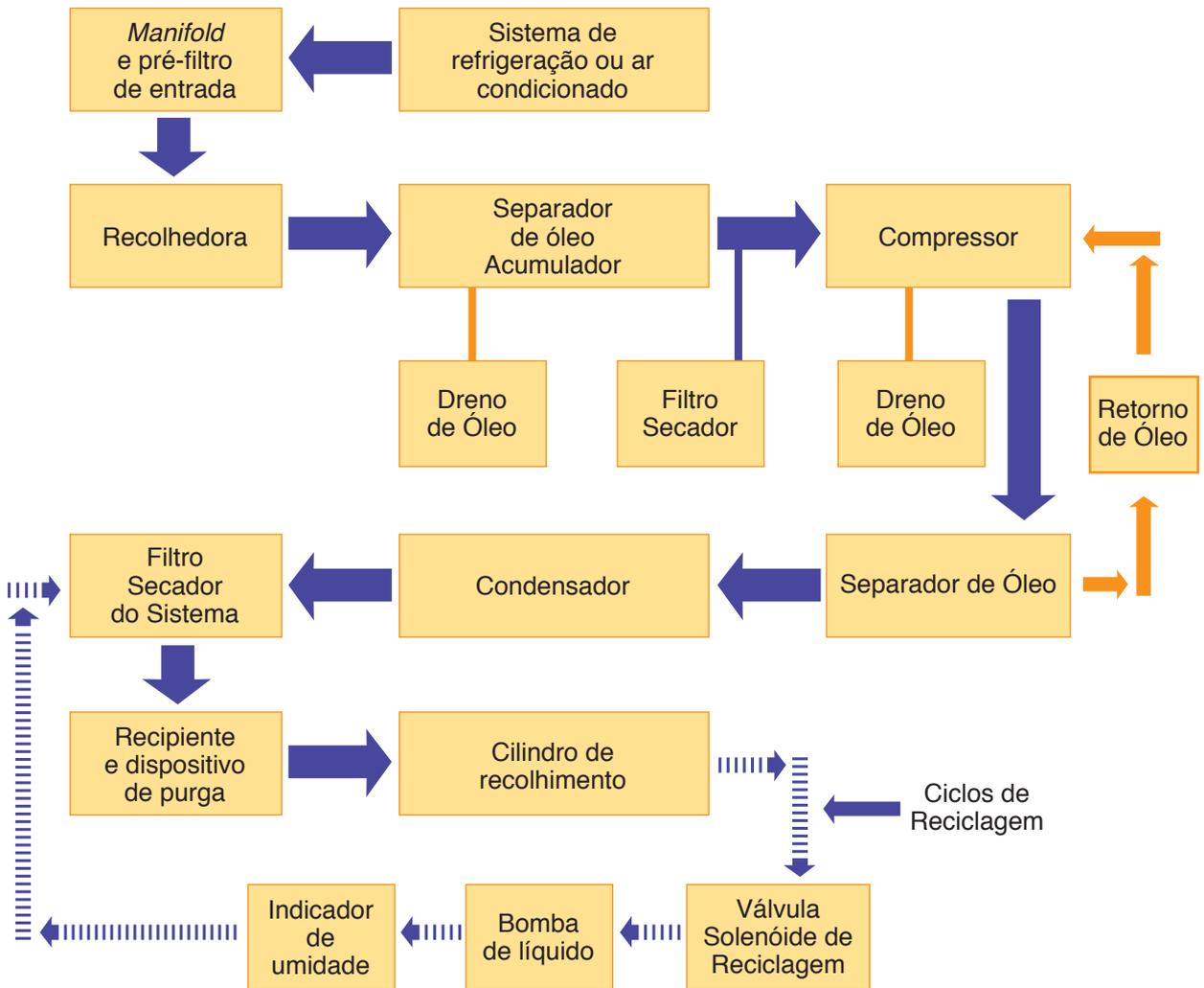


Figura 151 - Reciclagem de ciclo contínuo



## 8.2.3 Fluxograma do processo de reciclagem de fluido refrigerante

A Figura 152 apresenta o fluxograma de um processo de reciclagem de fluido refrigerante.

Figura 152 - Fluxograma do processo de reciclagem de fluido refrigerante



## 8.3 Regeneração

Regenerar significa tratar o fluido refrigerante contaminado para levá-lo à condição de produto novo, após ser submetido a uma análise físico-química. O tratamento do fluido pode ser realizado pelo processo de destilação.

## 8.3.1 Regeneradora

As regeneradoras utilizam um processo mais elaborado para o tratamento de fluidos refrigerantes contaminados. Por meio da regeneração, o fluido atinge alto grau de pureza, similar ao de um fluido virgem. Na Figura 153 é mostrado um exemplo de uma central de regeneração doada no âmbito das ações do Protocolo de Montreal (Plano Nacional de Eliminação de CFCs).

**Figura 153** - Exemplo de central de regeneração doada no âmbito do PNC



A regeneradora de fluidos refrigerantes, apresentada na Figura 154, possui as mesmas funções da recicladora, porém com um maior poder de filtragem, separação de líquidos e de não condensáveis. Recomenda-se nunca misturar diferentes tipos de fluidos em um mesmo tanque ou cilindro no ato do recolhimento, pois a grande maioria das centrais de regeneração realizam o processo de filtragem e não fazem a separação das misturas.

**Figura 154** - Exemplo de regeneradora de fluidos refrigerantes doada no âmbito do PNC



O laboratório das centrais de regeneração, apresentado na Figura 155, possui aparelhos para verificação do grau de pureza dos fluidos frigoríficos, tais como cromatográfico e identificador de fluidos.

**Figura 155** - Exemplo de laboratório



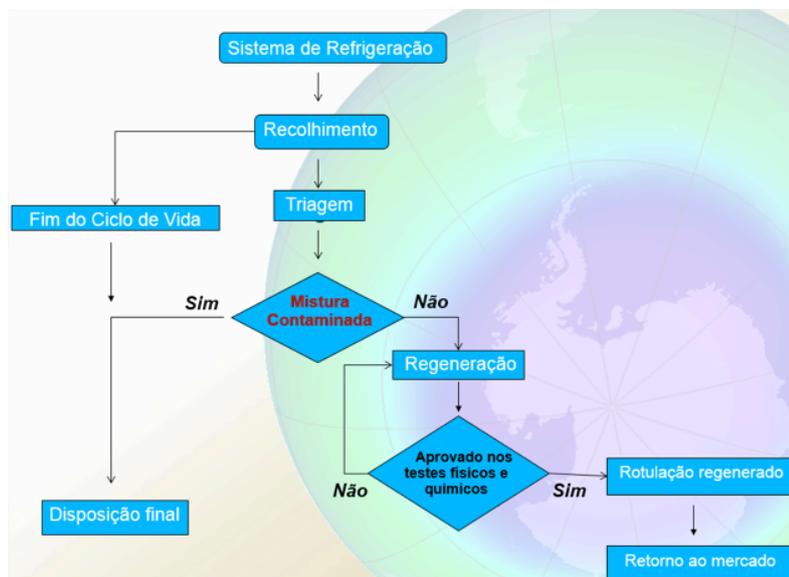
O processo de regeneração tem seus procedimentos e requisitos definidos pelas normas ABNT NBR 16667 e ABNT NBR 15960 (3Rs). O fluido contaminado deve ser tratado em equipamento com capacidade para reter partículas, retirar umidade e acidez, separar gases não condensáveis e óleo.

Para receber a titulação de “Regenerado”, o fluido frigorífico precisa passar por teste laboratorial para atingir o nível de pureza de 99,8% (mesmo nível do fluido virgem). Depois de regenerado, o fluido poderá ser usado em qualquer aparelho de refrigeração ou ar condicionado.

## 8.3.2 Fluxograma do processo de regeneração de fluido frigorífico

A Figura 156 apresenta o fluxograma de um processo de regeneração de fluido frigorífico.

**Figura 156** - Fluxograma do processo de regeneração de fluido frigorífico

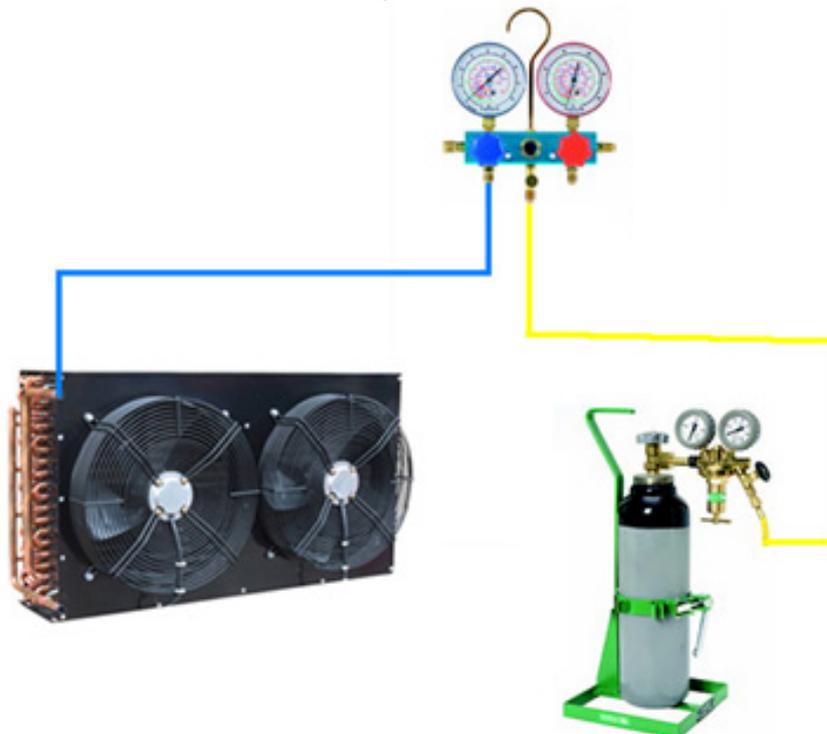


# 9 Operações no sistema de refrigeração

## 9.1 Limpeza do circuito de refrigeração (*flushing*) com nitrogênio seco

A limpeza do sistema de refrigeração ou de componentes separados para a retirada de material particulado pode ser feita passando um fluxo de nitrogênio seco em uma das extremidades do componente, deixando a outra extremidade aberta para a saída do material particulado.

**Figura 157** - Exemplo de limpeza com nitrogênio seco



## 9.2 Evacuação do circuito de refrigeração

Antes de carregar qualquer sistema de refrigeração com fluido frigorífico, um bom vácuo deve ser realizado para remover gases não condensáveis e umidade. Utilize bomba de vácuo de duplo estágio com válvula de balastro de gás e com tamanho adequado ao volume do circuito de refrigeração. A bomba de vácuo deve ter conexões macho para mangueiras de ¼" e ⅜". Deve também possuir válvula solenóide, no lado da sucção, para evitar qualquer retorno de ar para dentro do sistema, no caso da falta de energia durante a operação de vácuo.

**Nota:** A limpeza e o óleo lubrificante da bomba de vácuo devem ser verificados regularmente.

**Quadro 11** - Seleção da bomba de vácuo

| 1,25 CFM/<br>2,1 m³/h                           | 2,5 CFM/<br>4,2 m³/h                                      | 4,2 CFM /<br>7,1 m³/h                                     | 5,8 CFM/<br>10,0 m³/h                                     | 8,3 CFM/<br>14,2 m³/h                                     |
|---|---|---|---|---|
| <b>Para Sistemas abaixo de 5,5 Kw, exemplo:</b> | <b>Para sistemas de abaixo de 25 Kw, exemplo:</b>         | <b>Para sistemas abaixo de 65 Kw, exemplo:</b>            | <b>Para sistemas abaixo de 120 Kw, exemplo:</b>           | <b>Para sistemas abaixo de 250 Kw, exemplo:</b>           |
| Automotivo                                      | Refrigeração para transporte                              | Refrigeração para transporte                              | <i>Chiller</i>  | Supermercados   |
| Geladeira                                       | Câmara fria   | <i>Autobus</i>  | Câmaras frias grandes                                     | Câmaras frias grandes                                     |
| <i>Freezer</i>                                  | Unidade de tratamento de ar (na cobertura de um edifício) | Unidade de tratamento de ar (na cobertura de um edifício) | Unidade de tratamento de ar (na cobertura de um edifício) | Unidade de tratamento de ar (na cobertura de um edifício) |
| Ar Condicionado para sala                       | Sistema de ar condicionado do tipo <i>split</i> comercial | Sistema de ar condicionado do tipo <i>split</i> comercial | Refrigeração industrial                                   | Refrigeração industrial                                   |
| Ar condicionado do tipo <i>mini-split</i>       |   |   |   |   |

O Quadro 11 especifica as características adequadas para a bomba de vácuo para cada tipo de aplicação.

A fim de aproveitar o rendimento máximo da bomba, a mangueira de vácuo deve ser de maior diâmetro (⅜" diâmetro e 2x⅜" conexão fêmea SAE) e deve conter um comprimento máximo de cerca de 1 metro. A mangueira de vácuo não deve conter depressor de núcleo.

O conjunto *manifold* deve conter conexão de válvula para a bomba de vácuo (por exemplo, ⅜" e ¼" com conexão macho SAE).

Um vacuômetro calibrado (de preferência eletrônico) deve ser instalado no equipamento ou componente mais distante da bomba de vácuo, garantindo que a leitura dos dados corresponda ao vácuo uniforme em todo o sistema.

**A evacuação deve:**

- Ser realizada em ambos os lados de alta e baixa do sistema;
- Ser feita após o teste de detecção de vazamentos;
- Ser feita antes da carga de fluido refrigerante;
- Atingir um vácuo de cerca de 500 microns com a bomba de vácuo em operação. Passados 5 minutos com a bomba de vácuo em repouso, o vácuo não deve ultrapassar os 1.500 microns.

**Passo a Passo:**

- Conecte o *manifold* de quatro mangueiras nos lados de alta e baixa do sistema, na bomba de vácuo, vacuômetro e finalmente no cilindro de carga de fluido refrigerante;
- Conecte a bomba de vácuo na mangueira de serviço do *manifold*;
- Conecte o vacuômetro entre a bomba de vácuo e a válvula do *manifold* no sistema;
- Ligue a bomba de vácuo;
- Ao atingir 500 microns, feche o registro na bomba de vácuo e verifique o aumento de pressão por 5 minutos;
- Confirme o valor de vácuo de 1.500 microns em repouso por 5 minutos;
- Caso a pressão ultrapasse os 1.500 microns, o sistema apresenta vazamento ou umidade e deve ser reparado;
- Caso não haja vazamentos, vá para a próxima etapa de quebra de vácuo e carga de fluido refrigerante.

**Nota:** Cuidado para que as perdas de pressão nas mangueiras não sejam superiores a 1.000 microns.

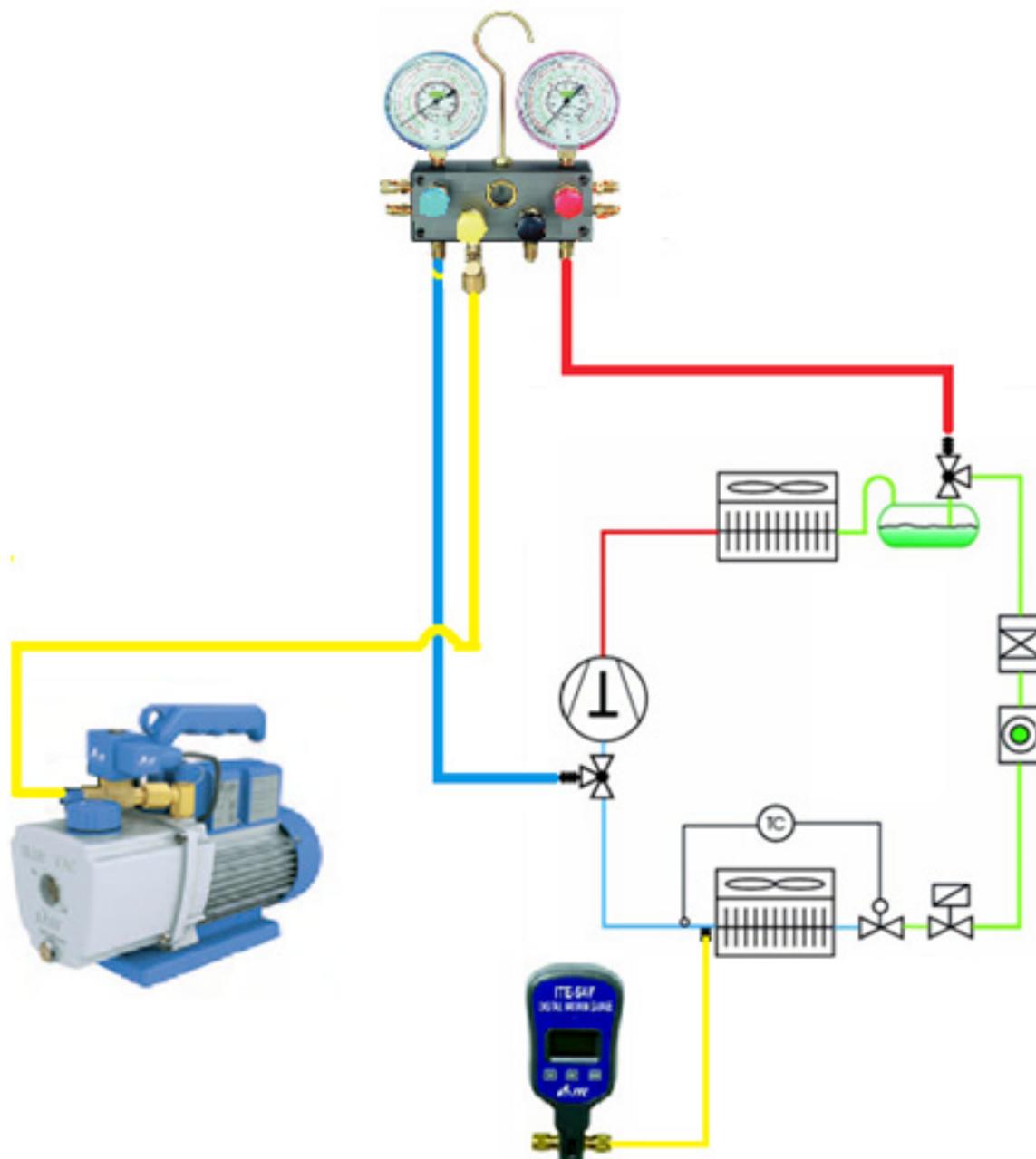
**No caso de não conseguir atingir o nível de vácuo necessário, a seguinte análise deve ser realizada:**

1. Verifique as ferramentas conectadas ao sistema e as conexões da mangueira em busca de eventuais vazamentos;
2. Verifique no sistema inteiro se há vazamentos;
3. Caso não sejam encontrados vazamentos, há um elevado teor de água no sistema.

Se houver água no sistema, a limpeza adicional com nitrogênio seco pode apoiar o procedimento de evacuação e diminuir o tempo necessário para manter o nível de vácuo desejado.

Para assegurar que não haja vazamento no sistema, o nível de vácuo desejado deve ser mantido sem qualquer aumento significativo durante um intervalo de tempo de 30 minutos com a bomba de vácuo desligada. A Figura 158 apresenta um exemplo sobre aplicação de vácuo no sistema de refrigeração comercial.

Figura 158 - Exemplo de vácuo no sistema



O Quadro 12 apresenta a conversão dos valores de vácuo. A área verde indica níveis de vácuo a serem alcançados para a evacuação de sistemas de refrigeração e ar condicionados e para o comissionamento de circuitos de refrigeração.

**Quadro 12 - Conversão de valores de vácuo**

| Evaporação<br>H <sub>2</sub> O em °C | mbar     | Mícron    | PSI      | Polegadas de<br>Mercúrio (Hg) | % Vácuo |
|--------------------------------------|----------|-----------|----------|-------------------------------|---------|
| 100,0                                | 1013,070 | 759968,00 | 14,69800 | 0,00                          | 0       |
| 96,1                                 | 713,150  | 535000,00 | 10,34690 | 8,86                          | 29,59   |
| 90,0                                 | 700,530  | 525526,00 | 10,16200 | 9,23                          | 30,63   |
| 80,0                                 | 473,340  | 355092,00 | 6,86600  | 15,94                         | 53,13   |
| 70,0                                 | 311,500  | 233680,00 | 4,51900  | 20,72                         | 69,15   |
| 60,0                                 | 199,090  | 149352,00 | 2,88000  | 24,04                         | 80,29   |
| 50,0                                 | 123,240  | 92456,00  | 1,78800  | 26,28                         | 87,8    |
| 40,0                                 | 73,470   | 55118,00  | 1,06600  | 27,75                         | 92,72   |
| 30,0                                 | 42,320   | 31750,00  | 0,61400  | 28,67                         | 95,81   |
| 26,7                                 | 33,860   | 25400,00  | 0,49100  | 28,92                         | 96,65   |
| 24,4                                 | 30,470   | 22860,00  | 0,44200  | 29,02                         | 96,98   |
| 22,2                                 | 27,090   | 20320,00  | 0,39300  | 29,09                         | 97,32   |
| 20,6                                 | 23,700   | 17780,00  | 0,34400  | 29,12                         | 97,65   |
| 17,8                                 | 20,550   | 15420,00  | 0,29500  | 29,31                         | 97,96   |
| 15,0                                 | 16,930   | 12700,00  | 0,24600  | 29,42                         | 98,32   |
| 11,7                                 | 13,540   | 10160,00  | 0,19600  | 29,55                         | 98,65   |
| 7,2                                  | 10,150   | 7620,00   | 0,14700  | 29,62                         | 98,99   |
| 0,0                                  | 6,090    | 4572,00   | 0,08800  | 29,82                         | 99,4    |
| -6,1                                 | 3,390    | 2540,00   | 0,04900  | 29,84                         | 99,66   |
| -12,97                               | 1,999    | 1500,00   | 0,02901  | 29,85                         | 99,81   |
| -14,4                                | 1,690    | 1270,00   | 0,02450  | 29,86                         | 99,83   |
| -17,0                                | 1,330    | 1000,00   | 0,01934  | 29,88                         | 99,87   |
| -20,0                                | 0,990    | 750,00    | 0,01450  | 29,89                         | 99,9    |
| -23,0                                | 0,670    | 500,00    | 0,00967  | 29,90                         | 99,93   |
| -31,1                                | 0,340    | 254,00    | 0,00490  | 29,905                        | 99,97   |
| -37,2                                | 0,170    | 127,00    | 0,00245  | 29,910                        | 99,98   |
| -40,0                                | 0,133    | 100,00    | 0,00193  | 29,916                        | 99,986  |
| -51,1                                | 0,034    | 25,40     | 0,00049  | 29,917                        | 99,996  |
| -56,7                                | 0,017    | 12,70     | 0,00024  | 29,918                        | 99,998  |
| -67,8                                | 0,003    | 2,50      | 0,00005  | 29,919                        | 99,999  |
|                                      | 0,000    | 0,00      | 0,00000  | 29,920                        | 100     |

■ Valor máximo de pressão para assegurar a vaporização d'água contida no equipamento.

■ Valor máximo de pressão para assegurar um vácuo em equilíbrio no equipamento aprovado.

■ Valor ideal de vácuo no equipamento.

## 9.3 Carga de fluido refrigerante

Após o reparo de vazamentos identificados e a realização do vácuo, pode ser realizada a quebra de vácuo e a carga de fluido refrigerante.

**Nota:** Ao realizar um processo de evacuação múltipla com quebra de vácuo, utilize somente nitrogênio seco para esta finalidade.

As mangueiras que serão utilizadas para a carga de fluido refrigerante não devem conter gases incondensáveis ou outro fluido refrigerante. Para removê-los, evacue as mangueiras ou purgue os gases para fora das mangueiras. Ao realizar a purga, o fluido refrigerante deve estar na menor pressão possível e na forma de vapor, sempre que possível. Isto reduzirá a quantidade de fluido refrigerante liberada para a atmosfera e o risco de acidentes.

O fluido refrigerante pode ser adicionado a um sistema de duas maneiras:

- No estado líquido no tanque de líquido ou linha de líquido, sendo geralmente feito após o sistema ter sido evacuado e antes do sistema ser ligado;
- No estado de vapor na linha de sucção, sendo normalmente feito quando o sistema está em funcionamento e a carga está sendo completada. Nunca adicione líquido na linha de sucção, pois irá danificar o compressor.

**Nota:** Ao se utilizar *blend* na carga de fluido, a carga deve ser realizada na forma líquida pela linha de expansão.

### Quantidade de carga

É importante que a quantidade correta de fluido refrigerante seja adicionada. Os seguintes parâmetros podem ser acompanhados para determinar a quantidade correta:

- Pelo peso ou volume, caso a carga necessária seja conhecida;
- Visor de líquido (exemplo: um filtro secador bloqueado ou um condensador subdimensionado irá provocar bolhas de gás no vidro do visor de líquido);
- Pelas pressões do sistema, caso os parâmetros do sistema sejam conhecidos;
- O ideal é conhecer a folha de dados do equipamento com os seus parâmetros de operação e comparar como os valores reais de funcionamento.

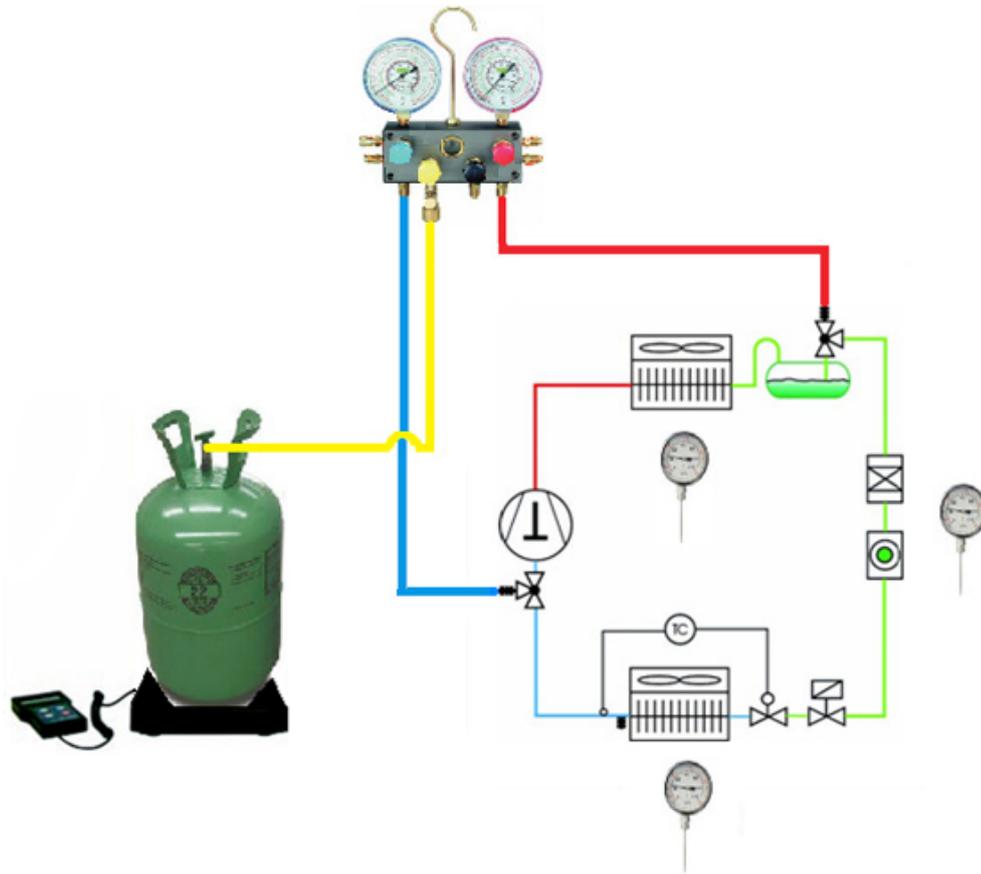
**Nota:** Havendo necessidade de aquecimento do cilindro para aumentar a taxa de fluido refrigerante que irá sair do mesmo, fazer essa operação num banho de água com temperatura máxima de 40 °C ou utilizando um revestimento controlado por termostato. Não utilize qualquer outro método para aquecer o cilindro.

### Após a carga de fluido refrigerante

- As mangueiras de carga devem ser removidas com uma perda mínima de fluido refrigerante;
- Sempre que possível enviar o fluido residual para as linhas de sucção do sistema. Tome cuidado porque o fluido refrigerante pode estar no estado líquido;
- Coloque etiqueta no sistema informando o nome da empresa executora do serviço, tipo e quantidade de fluido refrigerante utilizado (anote dados do óleo, se necessário);
- Realize teste de vazamento nas conexões utilizadas para carregar o sistema.

**Nota:** Se o sistema estiver em operação e apresentar baixa carga de fluido refrigerante, primeiro identifique e conserte o(s) vazamento(s), e só depois recarregue o sistema.

**Figura 159** - Exemplo para carga de fluido refrigerante



## 9.4 Comissionamento, procedimento de partida (*start-up*) e balanceamento do sistema refrigerante

Após a realização da carga de fluido refrigerante, durante um período adequado verifique e acompanhe as condições de operação do sistema, comparando com os parâmetros de projeto da folha de dados. É fundamental verificar os parâmetros teóricos de operação, tais como:

- Pressões de sucção e descarga dos compressores;
- Visor da linha de líquido (não deve borbulhar);
- Ajuste das válvulas de expansão;
- Nível de óleo no cárter do compressor e no reservatório de óleo (no caso de existência de um sistema de controle de nível de óleo);
- Corrente e tensão elétricas de todos os motores e compressores por meio do balanceamento elétrico das três fases;
- Superaquecimento (sendo o aumento da temperatura do fluido refrigerante fora da linha de saturação);
- Sub-resfriamento (sendo a temperatura inferior à temperatura de saturação correspondente à pressão de condensação do fluido refrigerante);
- Temperaturas dos ambientes a serem resfriados (temperatura de conservação dos produtos).

O Quadro 13 apresenta uma sugestão de *checklist* que poderá ser utilizada para as verificações, tais como o posicionamento correto do bulbo sensor da válvula de expansão, o posicionamento correto de todos os componentes, pontos críticos de vazamento e vibração. Apresenta ainda uma análise sucinta sobre as condições de operação e rendimento do sistema.

**Quadro 13 - Checklist para Start-up**

| START-UP   |                |         |
|--|----------------|---------|
| Proprietário:  |                |         |
| Local da instalação:   |                |         |
| Data da instalação   |                |         |
| Tipo de equipamento:   |                |         |
| Instalador   | Empresa:       |         |
|  | Contato:       |         |
| Tipo de fluido refrigerante/carga (Kg):  |                |         |
| Modelo/número de série do sistema:   |                |         |
| Leituras Obtidas   |                |         |
| Compressor   | Folha de dados | Leitura |
| Pressão de sucção (psig)   |                |         |
| Temperatura de evaporação (°C)   |                |         |
| Temperatura de sucção do compressor (°C)   |                |         |
| Superaquecimento total (K)   |                |         |
| Pressão de descarga (psig)   |                |         |
| Temperatura de condensação (°C)  |                |         |
| Temperatura da linha de líquido (°C)   |                |         |
| Sub-resfriamento natural (K)   |                |         |
| Temperatura de descarga (°C)   |                |         |
| Temperatura ambiente (°C)  |                |         |
| Temperatura do cárter do compressor (°C)   |                |         |
| Diferencial de pressão da bomba de óleo (psig)   |                |         |
| Nível de óleo do cárter do compressor (1/4; 1/2; 3/4)  |                |         |
| Nível de óleo do reservatório de óleo "se houver" (1/4; 1/2; 3/4)  |                |         |
| Diferencial de temperatura de entrada e saída de ar ou água no condensador (°C)                                  |                |         |
| Aproximação no evaporador = Temperatura média dos ambientes a serem refrigerados – Temperatura de evaporação (K) |                |         |
| Aproximação no condensador = Temperatura de condensação – Temperatura de entrada do ar no condensador (K)        |                |         |
| Corrente elétrica nominal (A)  | R              |         |
|  | S              |         |
|  | T              |         |
| Tensão elétrica nominal (V)  | RS             |         |
|  | RT             |         |
|  | ST             |         |
| Observações:   |                |         |

O cálculo da aproximação em um trocador de calor é importante para analisar o seu desempenho, permitindo comparar os valores de projeto (folha de dados) com os valores reais de operação. Podem ocorrer as seguintes situações:

- Ponto operacional diferente do projeto: o valor da aproximação deverá ser o mesmo, com pequena diferença, ou poderá ser calculado um novo valor;
- Ponto operacional igual ao projeto: o valor da aproximação deverá ser igual. Caso seja maior indica maior resistência térmica (incrustação). Caso seja menor indica perda de capacidade de refrigeração.

## 9.4.1 Superaquecimento

O superaquecimento é o aquecimento do fluido refrigerante fora da linha saturada, cujo objetivo é evitar danos ao compressor. O grau do superaquecimento depende principalmente do tipo de fluido refrigerante, do compressor e da construção do evaporador.

Em refrigeração comercial há o superaquecimento útil (medido no evaporador) e superaquecimento total (medido na sucção do compressor), que podem ser utilizados como parâmetros adicionais para acertar a regulagem das válvulas de expansão e proteger o compressor contra os golpes de líquido.

**Nota:** O valor do superaquecimento deve ser consultado junto ao fabricante do equipamento.

### Definição de superaquecimento:

Diferença entre a temperatura de sucção ( $T_s$ ) e a temperatura de evaporação saturada ( $T_{es}$ ).

### Equipamentos necessários para medição:

- *Manifold*;
- Termômetro de contato ou eletrônico (com sensor de temperatura);
- Fita ou espuma isolante;
- Tabela de Relação Pressão x Temperatura de Saturação para o Fluido Refrigerante Usado.

### 9.4.1.1 Passos para medição de superaquecimento útil

- a) Coloque o sensor de temperatura em contato com a tubulação de saída do evaporador a 150 mm do mesmo. A superfície deve estar limpa e a medição deve ser feita na parte intermediária do tubo para evitar leituras falsas. Recubra o sensor com a espuma, de modo a isolá-lo da temperatura ambiente;
- b) Instale o *manifold* na tubulação de sucção (manômetro de baixa);
- c) Depois que as condições de funcionamento se estabilizarem, leia a pressão no manômetro da tubulação de sucção. Da tabela Pressão x Temperatura de Saturação, obtenha a temperatura de evaporação saturada ( $T_{es}$ );
- d) No termômetro leia a temperatura de sucção ( $T_s$ ). Faça várias leituras e calcule a média, que será a temperatura de sucção adotada;
- e) Subtraia a temperatura de evaporação saturada ( $T_{es}$ ) da temperatura de sucção. A diferença será o superaquecimento (SA):  $SA = T_s - T_{es}$ ;
- f) Se o superaquecimento estiver dentro dos valores recomendados pelo fabricante, a carga de fluido refrigerante está correta e a válvula de expansão está ajustada corretamente. Se

estiver abaixo, muito fluido está sendo injetado no evaporador e será necessário fechar um pouco a válvula de expansão. Se o superaquecimento estiver alto, pouco fluido está sendo injetado no evaporador e será necessário abrir um pouco a válvula de expansão.

## 9.4.1.2 Passos para medição de superaquecimento total

- a) Coloque o sensor de temperatura em contato com a tubulação de entrada do compressor a 150 mm do mesmo. A superfície deve estar limpa e a medição deve ser feita na parte intermediária do tubo para evitar leituras falsas. Recubra o sensor com a espuma, de modo a isolá-lo da temperatura ambiente;
- b) Instale o *manifold* na tubulação de sucção (manômetro de baixa);
- c) Depois que as condições de funcionamento estabilizarem-se, leia a pressão no manômetro da tubulação de sucção. Da tabela Pressão x Temperatura de Saturação, obtenha a temperatura de evaporação saturada ( $T_{es}$ );
- d) No termômetro leia a temperatura de sucção ( $T_s$ ). Faça várias leituras e calcule a média, que será a temperatura adotada;
- e) Subtraia a temperatura de evaporação saturada ( $T_{es}$ ) da temperatura de sucção. A diferença será o superaquecimento (SA):  $SA = T_s - T_{es}$ ;
- f) Se o superaquecimento estiver dentro dos valores recomendados pelo fabricante, a carga de fluido refrigerante está correta e a válvula de expansão está ajustada corretamente. Se estiver abaixo, muito fluido está sendo injetado no evaporador e será necessário fechar um pouco a válvula de expansão. Se o superaquecimento estiver alto, pouco fluido está sendo injetado no evaporador e será necessário abrir um pouco a válvula de expansão.

## 9.4.2 Sub-resfriamento

### Definição de sub-resfriamento:

Diferença entre a temperatura de condensação saturada ( $T_{cs}$ ) e a temperatura da linha de líquido (TLL).

### Equipamentos necessários para medição:

- *Manifold*;
- Termômetro de contato ou eletrônico (com sensor de temperatura);
- Fita ou espuma isolante;
- Tabela de Relação Pressão versus Temperatura de Saturação para o Fluido Refrigerante Usado.

### Passos para medição do sub-resfriamento

- a) Coloque o sensor de temperatura em contato com a tubulação de linha de líquido, na saída do tanque de líquido a 150 mm do mesmo. A superfície deve estar limpa e a medição deve ser feita na parte intermediária do tubo para evitar leituras falsas. Recubra o sensor com a espuma, de modo a isolá-lo da temperatura ambiente;
- b) Instale o *manifold* na tubulação de descarga (manômetro de alta);
- c) Depois que as condições de funcionamento estabilizarem-se, leia a pressão no manômetro da tubulação de descarga. Da tabela Pressão x Temperatura de Saturação, obtenha a temperatura de condensação saturada ( $T_{cs}$ );

- d) No termômetro leia a temperatura da linha de líquido (TLL). Faça várias leituras e calcule a média, que será a temperatura adotada;
- e) Subtraia a temperatura de condensação saturada (Tcs) da temperatura de linha de líquido. A diferença é o sub-resfriamento (SB);  $SB = Tcs - TLL$ ;
- f) Se o sub-resfriamento estiver dentro dos valores recomendados pelo fabricante, a carga de fluido refrigerante está correta. Se o sub-resfriamento estiver abaixo, o sistema refrigerante possui pouco fluido e é necessário o complemento de fluido refrigerante no sistema. Se o sub-resfriamento estiver alto, o sistema possui muito fluido e é necessário o recolhimento do fluido excedido no sistema refrigerante.

### 9.4.3 Relatório dos procedimentos de partida (*start-up*)

No relatório deverá constar a verificação das leituras do sistema, a exemplo do Quadro 13, com acréscimo do posicionamento correto de todos os componentes, possíveis pontos críticos de vazamento e vibração, e uma análise sucinta sobre as condições de operação e rendimento do sistema.

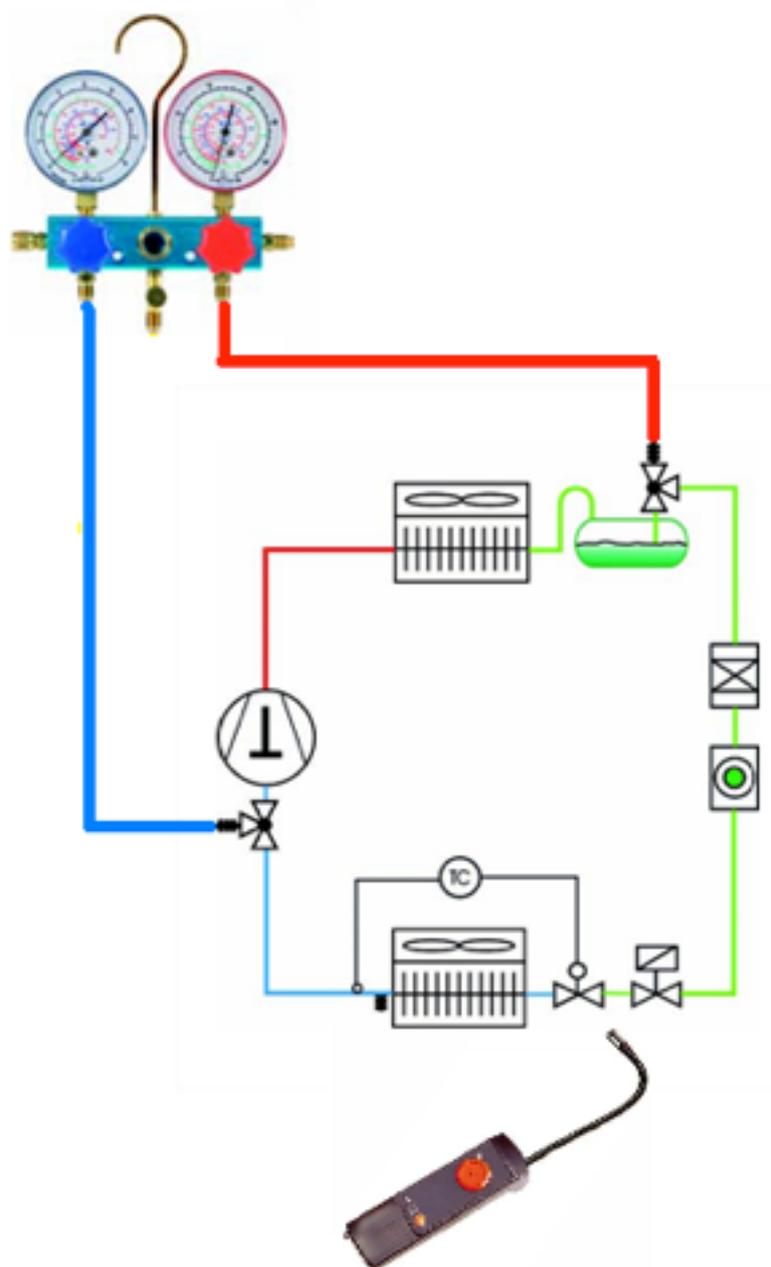
### 9.4.4 Comissionamento

O bom funcionamento do sistema depende, principalmente, do grau de contaminação presente, tais como gases condensáveis, não condensáveis e umidade. Contudo, também dependerá da seleção, instalação e partida do equipamento.

### 9.4.5 Verificação final de vazamento

Atividades de identificação de vazamentos devem ser consideradas nos procedimentos normais de trabalho durante e após cada verificação, carga de fluido, comissionamento ou balanceamento do sistema. O sensor do detector de gases halogenados deverá ser utilizado nos pontos a serem aferidos, tais como conexões, flanges e curvas. Este teste é importante para garantir que as atividades foram realizadas com sucesso e que o sistema não possui vazamentos.

**Figura 160** - Exemplo para verificação final de vazamento



**Nota:** Este teste é apresentado com mais detalhes no capítulo 11.

# 10 Manutenção e reparos em sistemas de refrigeração comercial

## 10.1 Manutenção preventiva planejada

A manutenção preventiva planejada, como o próprio nome sugere, trata-se de antecipar tarefas evitando que problemas aconteçam aleatoriamente. Ou seja, significa prevenir para proporcionar funcionamento adequado, confiável e sem quebras. Além disso, contribui para a redução dos custos, melhoria do desempenho do sistema e aumento da vida útil dos equipamentos.

As atividades de manutenção cobrem, em geral, os cuidados com os dispositivos, equipamentos, ferramentas, máquinas e instalações fixas, cujo foco é manter os componentes e a instalação em bom estado de funcionamento, atendendo às exigências de segurança.

### **Os objetivos da manutenção são:**

- Conservar a funcionalidade do sistema;
- Proporcionar segurança ambiental para os usuários/proprietários;
- Reduzir a depreciação do sistema;
- Assegurar aos proprietários solicitações de garantia;
- Manter o sistema operacional com a capacidade necessária para a finalidade pretendida, com consumo mínimo de energia.

### **As atividades de manutenção devem ser realizadas de forma que:**

- Acidentes sejam evitados;
- Danos à instalação e produtos (a serem conservados) sejam evitados;
- Componentes do sistema permaneçam em bom estado de funcionamento;
- O objetivo e a disponibilidade do sistema sejam mantidos;
- Vazamentos de fluido refrigerante ou óleo sejam identificados e corrigidos;
- O desperdício de energia seja evitado.

Estar motivado para a realização de um serviço técnico também é fundamental para o sucesso de um programa de operação e manutenção voltado para a redução dos vazamentos de fluidos refrigerantes. Além disso, os usuários também têm o dever de cumprir com os requisitos descritos nos regulamentos técnicos, leis ambientais e instruções do fabricante, de forma a manter a confiabilidade operacional e a segurança do sistema de refrigeração.

A estrutura exata dos programas de manutenção preventiva deve ser analisada, já que há muitas variações de acordo com cada instalação. São necessárias programações regulares de manutenção e inspeção preventivas e planejadas para cada sistema de refrigeração, com a verificação de todos os componentes. Dependendo da estrutura e complexidade do sistema, a documentação deverá ser a mais detalhada possível. O tipo e tempo da manutenção devem ser integralmente descritos no manual de fabricação/instalação.

Documentar testes e manutenções é essencial para a redução da probabilidade de falhas, acidentes, emissões de fluido refrigerante e consumo excessivo de energia. Um exemplo de *checklist* de atividades de manutenção preventiva pode ser encontrada no Anexo 3.

Há também ações que o proprietário ou operador do sistema de refrigeração podem adotar para garantir que o sistema funcione da forma mais eficiente possível, principalmente aquelas associadas a limpeza e conservação.

### **As atividades de limpeza e conservação podem incluir:**

- Manter as salas das instalações limpas;
- As salas devem ser trancadas e acessíveis apenas para pessoas autorizadas e familiarizadas com o equipamento;
- A ventilação das salas não deve ser obstruída (entrada/saída de ar);
- Unidades de condensação instaladas na área externa devem estar na sombra e nunca expostas ao sol;
- Manter a área ao redor dos condensadores, resfriados a ar, livre de detritos como pó, folhas, etc.;
- Minimizar os períodos em que as portas da câmara refrigerante estão abertas;

- Quando utilizadas, as cortinas de tiras não devem ser amarradas;
- As áreas do chão das câmaras frigoríficas devem estar limpas e livres do acúmulo de gelo;
- As tampas noturnas devem ser mantidas em bom estado e usadas quando as áreas de vendas não estiverem sendo usadas;
- Realizar o carregamento de produtos de uma maneira que não impeça o fluxo de ar dos evaporadores em gabinetes isolados e câmaras frigoríficas de armazenamento;
- Verificar se a carga (alimentos em geral, bebidas, produtos lácteos, produtos congelados, produtos químicos, produtos farmacêuticos, etc.) está o mais resfriada possível antes de entrar no espaço resfriado;
- Equipamentos e balcões frigoríficos devem ter sua parte interna limpa regularmente e resíduos, como pacotes e papéis, não devem obstruir as aletas do evaporador;
- Os sistemas de ventilação do edifício não devem interferir no fluxo de ar dos evaporadores dos expositores, ilhas e câmaras frigoríficas;
- Manter equipamentos frigoríficos fora das áreas onde correntes de ar ou fontes de calor possam afetar o desempenho;
- Verificar e monitorar regularmente a temperatura;
- Verificar se não há abuso ou má utilização do equipamento.

A empresa de prestação de serviço de manutenção ou o operador do sistema podem criar rotinas de verificação visual simples, a fim de garantir que o sistema funcione corretamente. Essas verificações podem incluir o registro da temperatura do ambiente resfriado, da temperatura do produto e limpeza dos evaporadores.

A empresa de instalação deve recomendar programas de manutenção preventiva.

A operação e manutenção de sistemas de refrigeração e ar condicionado estão sujeitas à legislação vigente relativa à saúde, segurança e meio ambiente. Todas as normas, regulamentos e códigos de práticas relacionadas devem ser seguidos e mantidos em todos os momentos.

## 10.2 Reparos no sistema de refrigeração comercial

**Reparos nos componentes que contenham fluido frigorífico devem ser realizados na seguinte ordem:**

1. Preparação de uma análise de perigos e avaliação de riscos para o reparo proposto;
2. Instrução da equipe de manutenção;
3. Desligamento e proteção dos componentes a serem reparados, tais como: alimentação elétrica, vasos de pressão, tubulações;
4. Recolhimento do fluido frigorífico e evacuação do sistema;
5. Limpeza e purga do circuito de refrigeração (por exemplo, com nitrogênio seco);
6. Liberação do nitrogênio seco para reparo;
7. Realização do reparo;
8. Teste e verificação do componente reparado (teste de pressão, teste de vazamento, teste funcional);
9. Evacuação e recarga do fluido frigorífico.

### Atenção:

- Nunca abra o sistema com a linha contendo fluido refrigerante;
- Ao retirar um componente defeituoso ou qualquer outro componente do sistema refrigerante, isole as linhas para evitar entrada de umidade, gases não condensáveis e sujeira;
- Nunca deixe um sistema em operação sem a certeza de que ele está livre de vazamentos.

## 10.3 Documentação das condições de operação

O proprietário ou operador de um sistema de refrigeração deve manter registro atualizado das condições de operação do sistema de refrigeração. Empresas terceirizadas também devem manter registros das atividades de manutenção, documentando atividades de inspeção, manutenção, reparo e desativação do sistema e componentes. O recebimento desta documentação deverá ser confirmado por escrito pelo proprietário ou operador.

### As informações a seguir devem ser anotadas no registro:

- Detalhes de todos os trabalhos de manutenção e reparo;
- Quantidade e tipo de fluido refrigerante (novo, reutilizado ou reciclado) que foi colocado no sistema em cada atividade, e a quantidade de fluido refrigerante que foi recolhida do sistema em cada atividade;
- Os resultados da análise de fluidos refrigerantes reutilizados;
- Origem do fluido refrigerante reutilizado;
- Alterações e trocas de componentes do sistema;
- Resultados de todos os exames periódicos;
- Registro de períodos de inatividade significativos.

Se o sistema for complexo, um desenho mostrando a função de todos os componentes deverá ser fornecido, incluindo a localização e características dos dispositivos de controle. Os desenhos devem ser feitos de acordo com a simbologia descrita no Anexo 2.

Cada sistema de refrigeração deve ter um livro de registros a ser mantido pelo proprietário ou operador, que deve ficar disponível na sala de máquinas (próximo do equipamento) para que seja acessível às pessoas responsáveis pelas atividades de manutenção, testes e reparos.

Exemplo de livro para registro das condições de operação e atividades de manutenção e reparo é apresentado no Anexo 4.

## 10.4 Sistema Online para Documentação de Atividades de Manutenção - PRÓ-OZÔNIO

O Pró-Ozônio é um sistema de uso gratuito que visa apoiar seus usuários nas atividades de documentação e monitoramento do consumo de HCFs, durante a manutenção e reparo de sistemas de refrigeração e ar condicionado. O sistema, disponível na internet, contém um banco de dados com informações técnicas e ambientais a respeito dos fluidos refrigerantes.

Empresas interessadas que atuam no setor de serviços de refrigeração e ar condicionado podem utilizar o sistema Pró-Ozônio para registro e monitoramento do consumo de fluidos frigoríficos, bem como para o gerenciamento de atividades de manutenção e reparo (livro de registro online).

O Pró-Ozônio possui a função de multiusuário e de acordo com as competências atribuídas ao usuário (por exemplo, administrador ou funcionário), somente determinadas funções no ambiente da área de “*login*” estão acessíveis.

Os direitos do usuário estão protegidos, bem como a segurança de dados e o pleno acesso à gestão de dados pessoais estão garantidos.

**Acesse: [www.ozoniohfc.com.br](http://www.ozoniohfc.com.br) para mais informações e cadastro!**

### **Porque Utilizar o Pró-Ozônio**

O Pró-Ozônio é um sistema gratuito e tem como objetivo:

- Auxiliar na gestão, operação e monitoramento de sistemas frigoríficos por meio de um melhor controle dos dados de consumo de fluidos frigoríficos e dos custos envolvidos;
- Auxiliar na redução dos vazamentos de fluidos frigoríficos e na demanda por substância virgem, por meio do registro e monitoramento da relação fluido frigorífico recolhido e recarregado;
- Auxiliar na gestão e coleta de dados de manutenção e reparo;
- Fornecer transparência sobre a qualidade dos serviços prestados e dos custos envolvidos.

## 10.5 Código de Conduta

A Figura 161 mostra as práticas recomendáveis e não recomendáveis para a manutenção de sistemas de refrigeração.

**Figura 161** - Práticas recomendáveis e não recomendáveis para a manutenção de sistemas de refrigeração

|  <b>Sim</b>   |  <b>Não</b>   |
|--|--|
| <b>1</b> Sempre aplique as boas práticas e trabalhe com segurança.   | <b>1</b> Se você não pode trabalhar de forma segura, não preste o serviço.   |
| <b>2</b> Sempre recolha o fluido refrigerante antes de reparar ou desativar um sistema.  | <b>2</b> Um sistema que opere de forma adequada não deve sofrer <i>retrofit</i> ou conversão de fluido refrigerante.   |
| <b>3</b> Recicle os fluidos refrigerantes sempre quando for possível.  | <b>3</b> Nunca libere fluidos refrigerantes na atmosfera.  |
| <b>4</b> Fluidos refrigerantes contaminados devem ser armazenados de forma segura e, posteriormente, encaminhados para a destruição.   | <b>4</b> Nunca utilize substâncias que destroem a Camada de Ozônio ou fluidos refrigerantes com alto potencial de aquecimento global como solvente de limpeza de sistemas RAC. |
| <b>5</b> Vazamentos devem ser identificados e reparados antes que o sistema seja recarregado com uma nova carga de fluido refrigerante. E não considere a existência de apenas um ponto de vazamento.  | <b>5</b> Não quebre o vácuo do fluido refrigerante para múltiplos processos de evacuação. Sempre utilize nitrogênio seco para este procedimento.                               |
| <b>6</b> Melhore as técnicas relacionadas ao manuseio de fluidos refrigerantes. Por exemplo, não purgue com fluido refrigerante as mangueiras de refrigeração.   | <b>6</b> Não adicione fluido refrigerante a um sistema RAC sem saber os parâmetros para o seu funcionamento e quantidade de fluido refrigerante contido no sistema.            |
| <b>7</b> Esvazie o cilindro de fluido refrigerante antes de descartá-lo.   | <b>7</b> Nunca utilize nenhum cilindro de recolhimento que não possua identificação clara sobre o conteúdo e finalidade de uso.  |
| <b>8</b> Mantenha os parâmetros de operação do sistema RAC, tais como: pressões, temperaturas, corrente elétrica e rendimento dentro dos recomendados pelo fabricante, garantindo melhora na eficiência energética e aumento da vida útil dos sistemas RAC.  | <b>8</b> Nunca misture diferentes tipos de fluido refrigerante em um único cilindro de recolhimento.   |
| <b>9</b> Mantenha o histórico dos serviços de manutenção no livro de registro.   | <b>9</b> Não utilize fluidos refrigerantes de alto potencial de aquecimento global quando realizar <i>retrofit</i> em um sistema de refrigeração.                              |
| <b>10</b> Mantenha uma comunicação efetiva e atualizada com o proprietário/operador do equipamento e sempre registre e informe sobre falhas e intervenções no sistema, tais como: problemas relacionados a vazamentos, manutenções preventivas e corretivas. | <b>10</b> Não trabalhe com ferramentas ou equipamentos danificados ou defeituosos. Não utilize mangueiras de transferência de fluido refrigerante maiores que o necessário.    |

# 11 Vazamentos: descobrir e evitar

## 11.1 Requisitos para a detecção de vazamentos

**Durante cada manutenção preventiva e atividade de reparo, pelo menos as seguintes tarefas deverão ser realizadas:**

1. Todos os dispositivos de segurança, de controle e medição, bem como sistemas de alarme devem ser verificados para garantir o seu funcionamento correto;
2. Testes de vazamento devem ser realizados nas partes relevantes do sistema de refrigeração;
3. Substituir o filtro secador somente quando indicar entupimento parcial ou total. O entupimento parcial poderá ser identificado por diferença de temperatura entre a entrada e a saída do filtro secador;
4. Teste de funcionamento dos dispositivos de segurança;
5. Instalação de todas as tampas de válvulas e coberturas de componentes;
6. Limpeza do local e teste final de vazamento;
7. Elaboração de relatórios, registro de informações, rotulagem do sistema (se aplicável).

## 11.2 Inspeção de vazamentos consertados

Uma vez que o vazamento tenha sido identificado e reparado, deverão ocorrer atividades de acompanhamento que incidam sobre o local de reparação e nas partes adjacentes que tenham sofrido esforços durante o reparo. Esta verificação deverá ocorrer imediatamente após o reparo, e ser repetida após um mês para acompanhamento.

Caso seja necessário remover a carga de fluido refrigerante durante o reparo de vazamento, as operações de reparo (brasagem), pressurização para detecção de vazamento, vácuo e carga de fluido refrigerante deverão ser feitas conforme mencionado anteriormente.

## 11.3 Contenção do fluido refrigerante

Por conta dos efeitos nocivos dos CFCs, HCFCs e HFCs ao meio ambiente, a contenção dos fluidos refrigerantes deve ser considerada em todas as ações realizadas em um sistema de refrigeração, incluindo:

- Projeto e instalação de fácil manutenção do sistema;
- Detecção e reparo de vazamentos;
- Recolhimento durante os serviços de reparo ou manutenção.

### Tipos de emissões

As emissões de fluido refrigerante para a atmosfera são muitas vezes chamadas de perdas, sem a distinção das suas causas. No entanto, os tipos de emissões são muito diferentes, e suas causas devem ser identificadas e controladas. As fontes de emissões são:

- **Degradação do sistema:** causada por variações de temperatura, pressão e vibrações, que podem levar a significativos aumentos nas taxas de emissão de fluido refrigerante;
- **Falhas dos componentes:** provenientes em sua maioria devido a má qualidade de fabricação dos componentes ou instalação incorreta;
- **Perdas durante o manuseio do fluido refrigerante:** ocorrem principalmente no processo de carga do sistema e ao abrir o sistema sem recolhimento prévio do fluido;
- **Perdas acidentais:** são imprevisíveis e podem ser causadas por incêndios, explosões, sabotagem, roubo, etc.;
- são causadas, intencionalmente, pela abertura do sistema, onde o fluido é liberado para o ambiente.

### Projeto

O índice de vazamento tem seu potencial primeiramente afetado pelo projeto do sistema. Devem ser consideradas todas as possibilidades que proporcionem o aumento da vida útil e confiabilidade do equipamento, minimizando a necessidade de serviços de intervenção. A seleção de materiais adequados, a utilização de técnicas corretas de junção (união de linhas e componentes), a redução do uso de conexões mecânicas e elaboração de projeto visando fácil acesso para execução de serviços e manutenção são fatores críticos para concepção de um sistema com baixo índice de vazamento.

Por exemplo, as válvulas de serviço e de passagem de preferência herméticas devem ser instaladas para permitir a remoção de componentes substituíveis do sistema de refrigeração. Devem estar localizadas de modo a permitir o recolhimento ou confinamento do fluido em um cilindro de armazenagem ou tanque de líquido ou condensador.

Os sistemas devem ser projetados para minimizar a carga de fluido e assim reduzir a quantidade de fluido dispersado em caso de perdas acidentais. Assim, para a redução da carga de fluido frigorífico no sistema, o projeto deve levar em conta que os trocadores de calor, tubulações e componentes devem ser selecionados com intuito de se reduzir a quantidade de fluido no sistema sem perda de capacidade frigorífica ou eficiência energética.

As normas ABNT NBR 15976 e 16186 deverão ser consideradas para a elaboração de projetos que contemplem a redução dos índices de vazamentos em sistemas de refrigeração comercial.

### **Instalação**

A instalação adequada dos sistemas de refrigeração é importante para um funcionamento correto e para contenção de vazamentos durante a vida útil do equipamento. As conexões e os materiais para tubulação adequados são obrigatórios. As conexões mecânicas devem ser evitadas.

É indispensável o uso de gás inerte (por exemplo, nitrogênio) para manter a limpeza interna das tubulações, durante o processo de brasagem; e, para a realização da evacuação do sistema, para remover os gases não condensáveis.

A verificação de vazamentos antes do procedimento de carga de fluido deve ser realizada. Em uma instalação, os cuidados com as especificações de projeto e com componentes defeituosos devem ser observados.

**Atenção:** Conexões mecânicas devem ser evitadas.

### **Assistência**

A realização de serviço correto é fundamental para a redução das emissões. Deve-se assegurar que o sistema não possua vazamentos, esteja devidamente carregado e que funcione corretamente. O técnico deve manter os registros de serviços, com o histórico de vazamentos ou mau funcionamento.

Quando um sistema for desativado, deve-se recolher o fluido frigorífico e destiná-lo para a reciclagem, reutilização ou destruição.

## **11.4 Detecção de vazamento**

A detecção de vazamentos é uma etapa de extrema importância nos processos de fabricação, instalação e manutenção dos componentes e sistemas. A detecção de vazamentos deve ser realizada após a montagem do sistema em fábrica ou em campo. Existem três tipos gerais de detecção de vazamentos: global, monitoramento de desempenho automatizado (ensaio de emissões indiretas) e local (ensaio de emissão direta).

## 11.4.1 Métodos de ensaio para emissões indiretas de fluidos refrigerantes

### 11.4.1.1 Detecção global

Estes métodos indicam se existe vazamento, mas não indicam a localização. São úteis no final da montagem ou quando o sistema é aberto para reparo ou *retrofit*.

#### Sistema de Verificação

- Pressurizar o sistema com um gás inerte e isolá-lo. Haverá vazamento, caso haja uma queda de pressão dentro de um prazo especificado;
- Evacuar o sistema e medir o nível de vácuo ao longo de um determinado tempo. O aumento da pressão indica que existe vazamento;
- Colocar o sistema em uma câmara e carregá-lo com um gás indicador. Em seguida, evacuar a câmara e monitorá-la com espectrômetro de massa ou analisador de gás residual;
- Verificar o nível de fluido refrigerante no tanque de líquido.

**Atenção:** Estas abordagens são aplicáveis em sistemas que estão sem fluido refrigerante.

Muitos destes testes utilizam gás indicador, geralmente a mistura composta por 95% de nitrogênio e 5% de hidrogênio ou hélio. Não é considerada boa prática utilizar fluido refrigerante como gás indicador.

A norma ABNT NBR 15976/2011 proíbe a utilização de CFC, HCFC e HFC para testes de vazamentos. No entanto, permite que fluidos refrigerantes halogenados, com exceção do CFC, possam ser misturados ao nitrogênio, até o limite de 0,5% da carga do equipamento, para testes de vazamentos, obrigando o seu recolhimento após o uso.

### 11.4.1.2 Sistemas automatizados para o monitoramento de vazamentos

Parâmetros de monitoramento, tais como temperatura e pressão, ajudam a identificar qualquer alteração no equipamento. Também fornecem dados sobre a escassez de carga de fluido refrigerante.

Sensores fixos para detecção de vazamento em pontos estratégicos da instalação também podem ser utilizados para o monitoramento.

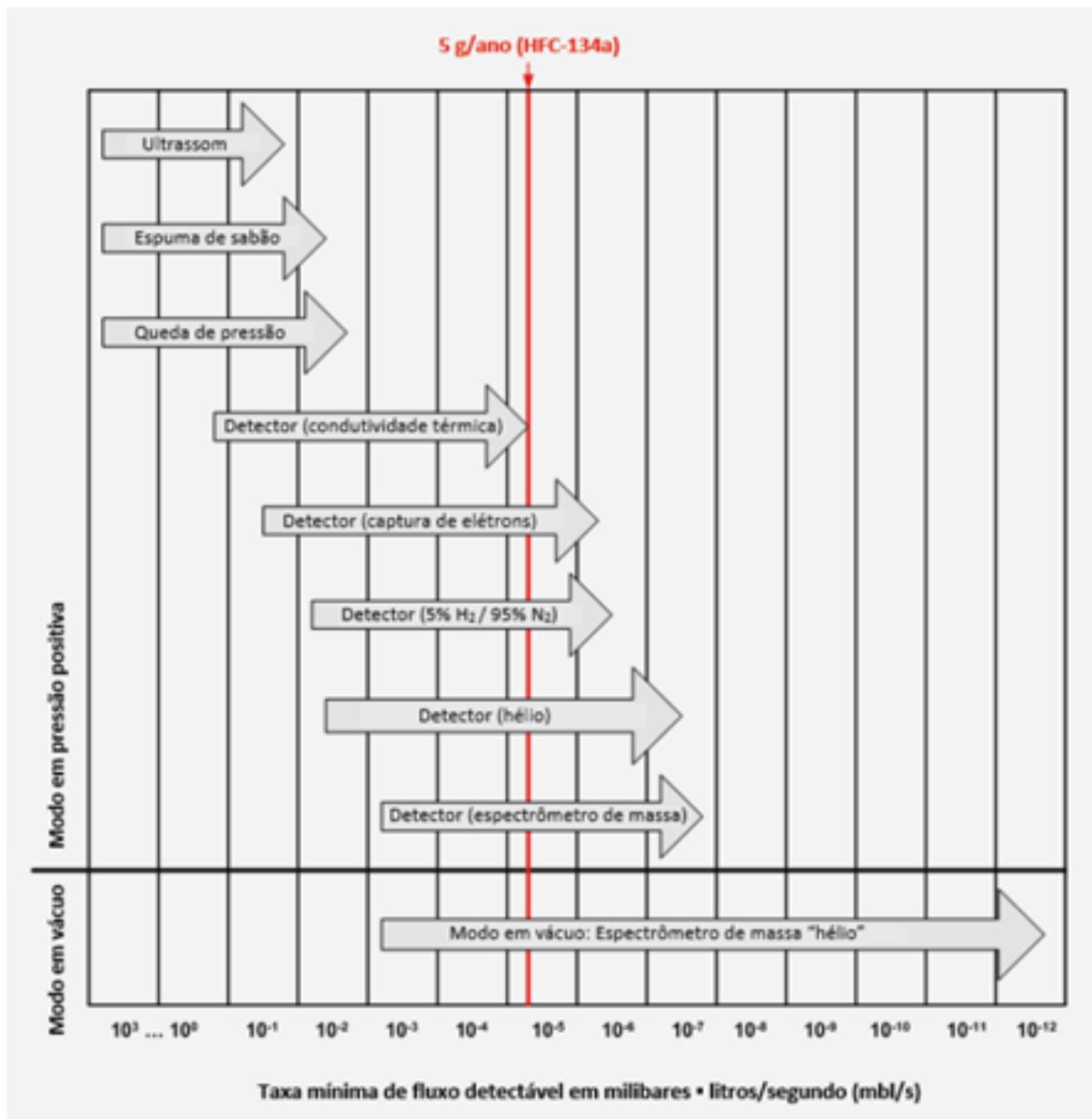
## 11.4.2 Métodos de ensaio para emissões diretas de fluidos frigoríficos

### Detecção local

Estes métodos localizam com precisão as eventuais fugas e normalmente são utilizados durante a manutenção. A sensibilidade é normalmente expressa em ppm (partículas por milhão), e taxas de fluxo de massa (“g/a” = gramas por ano).

A Figura 162 compara as sensibilidades de vários métodos de ensaio.

Figura 162 - Comparação da sensibilidade dos métodos de teste de vazamentos



- As verificações visuais com vestígios de óleo nas tubulações, componentes e conexões, só é possível em grandes vazamentos, maiores que 85 gramas por ano;
- A detecção com o uso da bolha de sabão é simples e barata, onde um técnico paciente e treinado pode identificar vazamentos com uma sensibilidade máxima de 50 gramas por ano;
- Detectores eletrônicos podem encontrar vazamentos entre 3 a 50 gramas por ano, de acordo com a sensibilidade do equipamento. Para a sua utilização, sugere-se a realização de treinamento e cuidados adequados, para não produzirem leituras falsas;
- Detectores ultrassônicos registram os ruídos gerados pelo fluxo de fluido refrigerante saindo pelo ponto de vazamento, mas apresentam menor sensibilidade comparada aos detectores eletrônicos, pois a detecção pode ser perturbada pela circulação de ar;
- Detecção com hélio e espectrômetros de massa de HFC, com sondas de exaustores para extração, detectam vazamentos menores do que 1,5 gramas por ano.

## 11.5 Trabalhos preparatórios para o teste de vazamento

Para que seja feito o teste de vazamento, o local não deve conter ar confinado, pois poderá apresentar leituras falsas no caso da utilização de detectores de halogenados. Os locais de detecção devem estar limpos.

## 11.6 Testes de vazamento

Existem vários tipos de testes e métodos para se verificar a estanqueidade do sistema, como o uso do nitrogênio, hidrogênio, detector de halogenados, etc. Cada qual com o seu grau de sensibilidade e custo. Estes testes serão detalhados nas seções seguintes.

### 11.6.1 Usando nitrogênio seco

#### 11.6.1.1 Queda de pressão

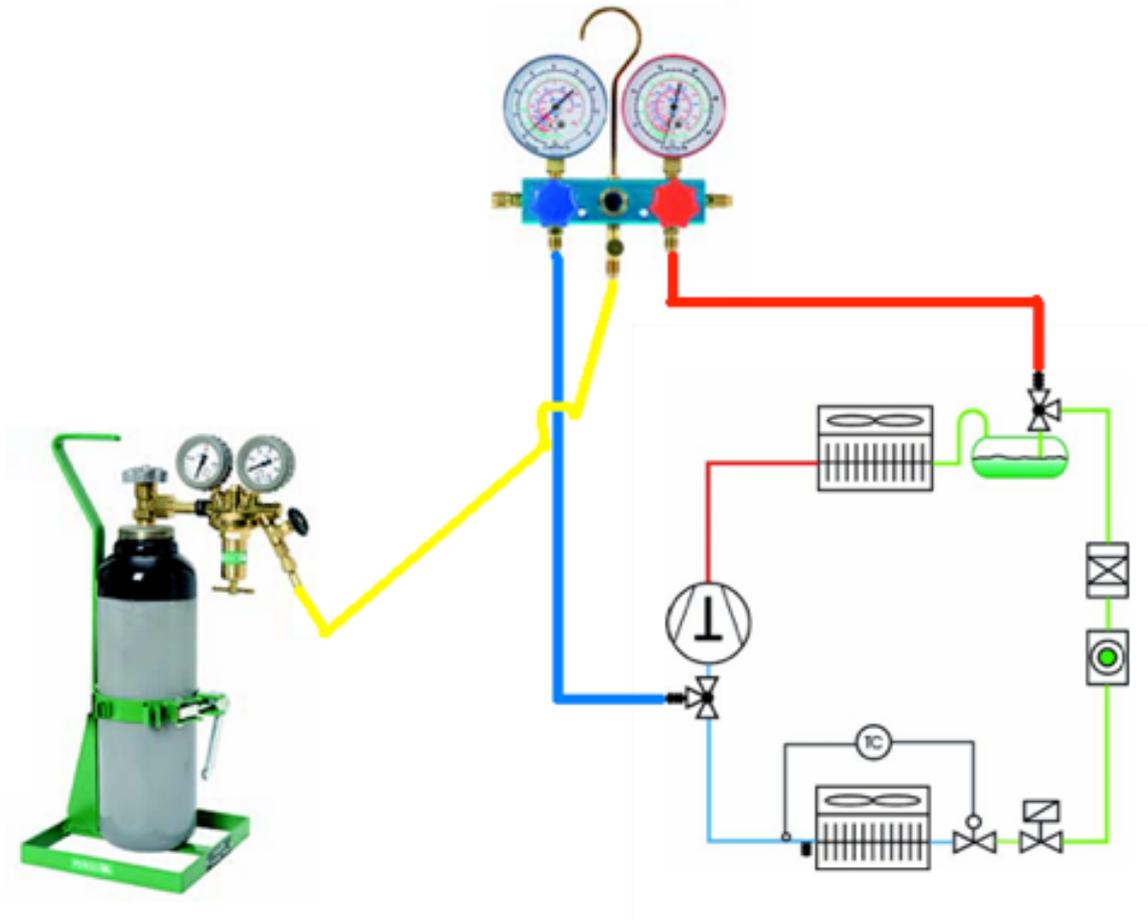
A introdução de nitrogênio no sistema até uma pressão compatível com os componentes do sistema pode ser utilizada como teste indireto, por meio da verificação da queda de pressão, e como método direto, por meio da formação de bolhas de sabão no local do vazamento.

#### 11.6.1.2 Usando nitrogênio seco e espuma de sabão

Conecte o cilindro com nitrogênio no sistema, por meio de um regulador de pressão, e utilize um *manifold* para o monitoramento da pressão nos manômetros.

**Cuidado:** Ao pressurizar o sistema com nitrogênio, não ultrapasse a pressão máxima permitida para o teste. Esta pressão faz referência à resistência dos materiais construtivos dos componentes e projeto da instalação.

**Figura 163** - Exemplo de teste de vazamento com nitrogênio



**Passo a passo:**

- Pressurize o sistema até a pressão máxima de teste segura para nitrogênio seco;
- Feche o regulador de pressão, aguarde a pressão estabilizar e verifique se ela se mantém;
- Monitore a leitura de pressão, se ela cair, é sinal de que existe vazamento. Alguns vazamentos são audíveis e podem ser identificados pelo som;
- Verifique todas as conexões, flanges e curvas com a solução de água e sabão.

**Após identificar o vazamento:**

- Despressurize o sistema;
- Repare o vazamento;
- Repita o teste com nitrogênio.

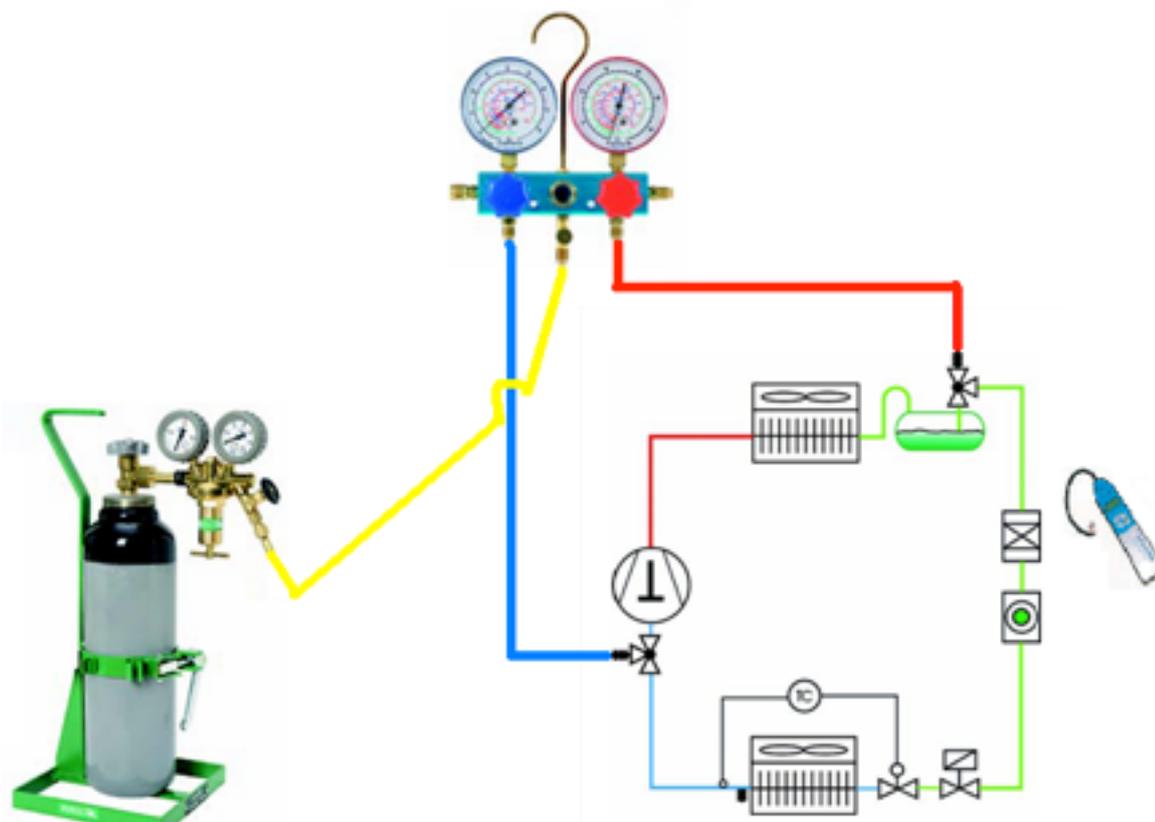
**Figura 164** - Teste de vazamento com espuma de sabão



## 11.6.2 Detecção de vazamentos por hidrogênio (N<sub>2</sub>/H<sub>2</sub>-95%/5%)

Conecte o cilindro com mistura de 95% de nitrogênio + 5% de hidrogênio no sistema, fazendo o uso do regulador de pressão e do *manifold* para o monitoramento da pressão por meio dos manômetros.

**Figura 165** - Exemplo de detecção de vazamento por hidrogênio



### Passo a passo:

- Pressurize o sistema até a pressão máxima de teste segura para a mistura;
- Feche o regulador de pressão;
- Monitore a leitura de pressão e também utilize o detector de hidrogênio nos pontos a serem aferidos, como conexões, flanges e curvas.

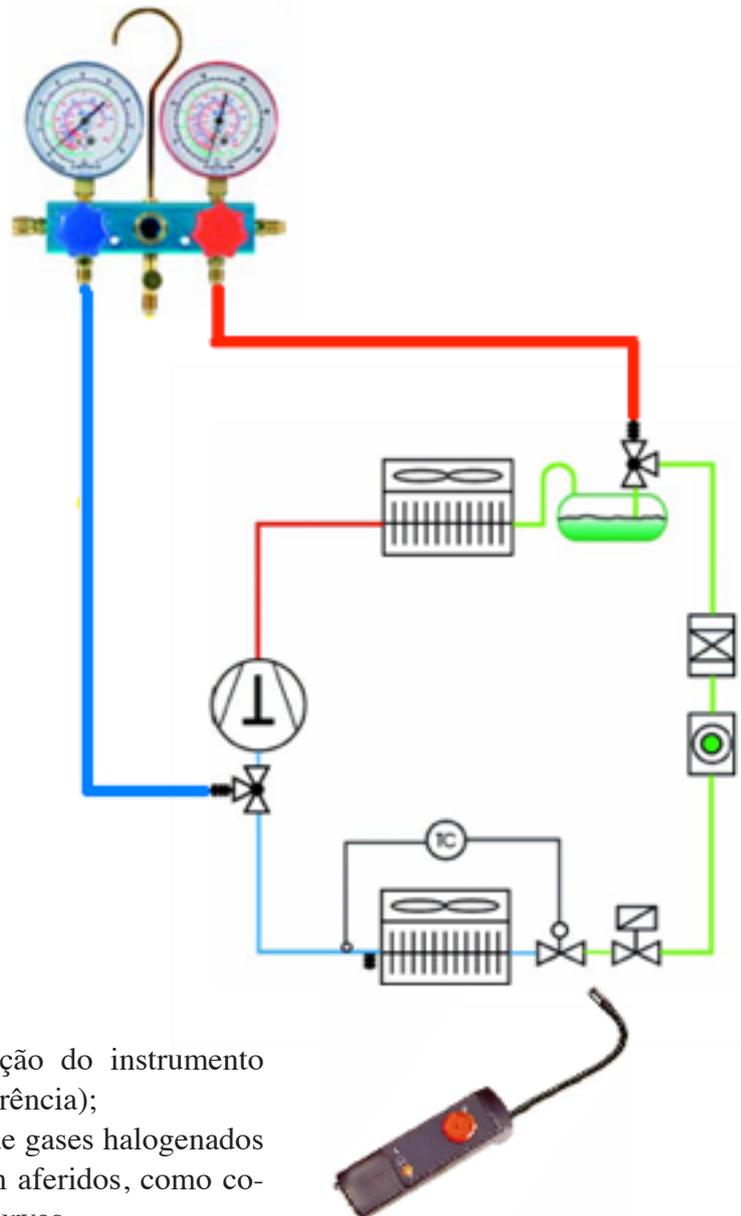
### Após identificar o vazamento:

- Despressurize o sistema;
- Repare o vazamento;
- Repita o teste com hidrogênio.

## 11.6.3 Teste de vazamento usando detector de gases eletrônico

Ao se utilizar o detector de gases halogenados, o técnico precisa conter a emissão do fluido refrigerante.

**Figura 166** - Exemplo de teste de vazamento com detector de gases eletrônico



### Passo a passo:

- Verificar a calibração do instrumento (vazamento de referência);
- Utilize o detector de gases halogenados nos pontos a serem aferidos, como conexões, flanges e curvas.

### Após identificar o vazamento:

- Recolha o fluido refrigerante;
- Repare o vazamento;
- Realize o teste com o nitrogênio ou hidrogênio.

**Importante:** Após a realização de carga de fluido refrigerante, repita o teste de vazamento com detector de gases eletrônico.

## 11.6.4 Calibração de detector de gases

É muito importante saber se o detector de gás utilizado está funcionando na faixa de sensibilidade adequada. Vazamentos de referência calibrados (vazamento de teste) estão em uma faixa de emissão de fluido refrigerante de até 5 g/ano.

A Figura 167 apresenta o dispositivo a ser conectado a um cilindro contendo HFC-134a para se obter um vazamento de referência de 5g/ano. A válvula do cilindro deve estar totalmente limpa, isenta de impurezas sólidas, óleo e umidade, para evitar danos ao dispositivo. O detector de gás deverá ser calibrado a cada utilização ou quando for desligado.

**Figura 167-** Dispositivo de vazamento de referência para fixação na válvula do cilindro de fluido refrigerante



**Atenção:** O teste com vazamento de referência é a única maneira de verificar a sensibilidade do detector de gases eletrônico em campo.

## 11.6.5 Ultravioleta

Neste método é adicionado ao sistema de refrigeração uma substância fluorescente que circula dissolvida no óleo. No caso de um vazamento, a substância é depositada na superfície externa do equipamento e, com a utilização de uma lâmpada ultravioleta, o vazamento se torna visível.

O fabricante deve informar sobre a compatibilidade da substância fluorescente com o óleo e o tipo de aplicação.

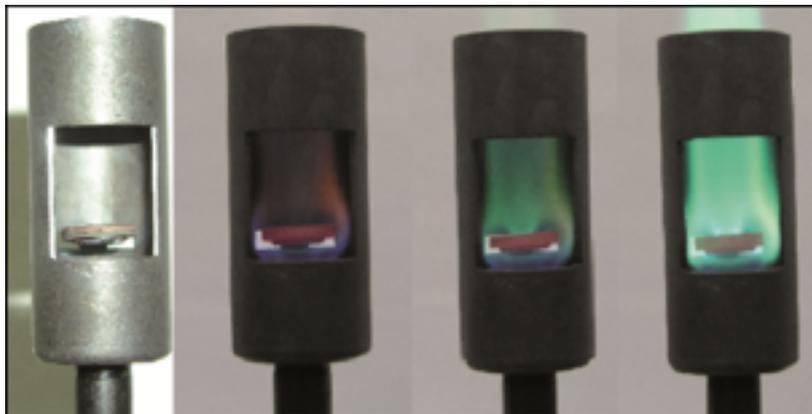
Após a identificação e reparo do vazamento, o local deverá ser limpo para remover toda substância fluorescente.

## 11.6.6 Detector hálide (lâmparina)

O detector hálide é de baixo custo, rápido e confiável, porém pode ser utilizado apenas para detectar fluidos refrigerantes clorados e vazamentos de até 150 g por ano. A lâmparina funciona segundo o princípio de que o ar é arrastado ao longo de um elemento de cobre aquecido por um combustível de hidrocarboneto. Se vapor do fluido refrigerante halogenado estiver presente, a chama muda da cor azul para a cor verde, como apresentado na Figura 168. Não é tão sensível como o detector de gás eletrônico e pode ser perigoso por causa da chama aberta.

**Cuidado:** A chama da tocha de haleto aplicada ao fluido refrigerante pode causar situações perigosas. Gases tóxicos podem ocorrer devido à decomposição do fluido refrigerante. Esses gases afetam seriamente a saúde. O uso do detector hálide é proibido na União Europeia.

Figura 168 - Mudança de cor da chama



## 11.6.7 Verificação visual de componentes do sistema com potencial de corrosão e determinação do grau de corrosão

A verificação visual é importante para localizar pontos de corrosão e saná-los com a maior brevidade possível, evitando a ocorrência de vazamentos futuros.

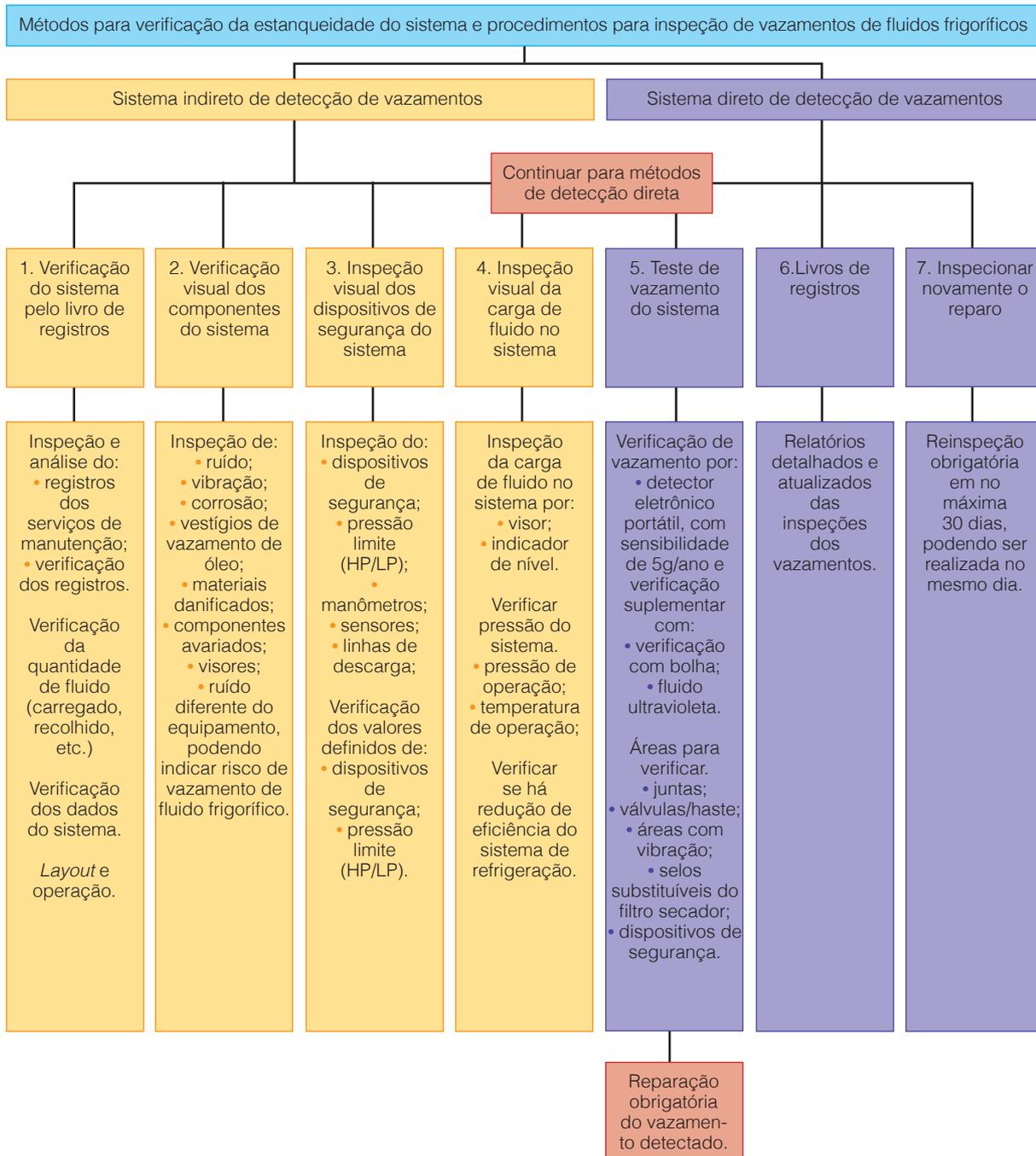
Os componentes como carcaça do compressor, tanques e outros componentes com estrutura ferrosa devem ser pintados sempre que necessário para evitar a formação de ferrugem e corrosão.

Caso o grau de corrosão seja alto, o componente deve ser substituído.

**Figura 169 - Corrosão nos componentes do sistema**



**Figura 170 - Métodos indiretos e diretos para inspeção de vazamentos**



## 11.7 Localização de vazamentos em sistemas de refrigeração comercial

Um sistema de refrigeração comercial pode conter vários compressores em paralelo, cada qual com um conjunto de componentes de interligação, que podem ser fontes de vazamento em potencial.

### 11.7.1 Componentes com maiores chances de vazamentos

**Neste tipo de sistema, os componentes, geralmente encontrados na sala de máquinas, juntamente com os compressores, são:**

- Linha de sucção;
- Linha de descarga;
- Linha de líquido;
- Manômetros;
- Válvulas de controle;
- Válvulas de passagem;
- Filtros para fluidos frigoríficos;
- Visores de líquido;
- Tanque de líquido;
- Separador de óleo;
- Acumulador de sucção (separador de líquido).

**Os pontos com maiores chances de vazamentos são:**

- Válvulas de controle de pressão;
- *Rack* montado com válvulas, incluindo:
  - Brasagem ou conexão mecânica, flanges, acessórios para tubulação com conexão roscada no tanque de líquido;
  - Vedação da haste das válvulas;
  - Linhas de passagem de gás, especialmente nas linhas de alta pressão;
- Conjuntos de filtros, juntas deterioradas ou flanges folgados;
- Conexões dos manômetros sujeitas a vibrações do *Rack*;
- Válvulas do tanque de líquido, que podem vazar através de juntas deterioradas;
- Válvulas *Schrader*, podendo vazar através dos seus núcleos, especialmente se estiverem sem tampa; e
- Os componentes de aço, tais como acumuladores de sucção, corpo do filtro de sucção, válvulas de sucção de aço montadas na linha de sucção e até mesmo os receptores montados abaixo do coletor de sucção, devido à corrosão.

### 11.7.2 Vazamentos nos expositores, balcões e câmaras

Dependendo do porte do estabelecimento comercial, mais de cem expositores podem ser encontrados, contendo um grande número de pontos para fuga de gás nos evaporadores e nas válvulas de expansão. As serpentinas do evaporador são constituídas por tubos de pequeno diâ-

metro e muitas curvas soldadas, sendo estes pontos suscetíveis a vazamentos. A tubulação está sujeita a fadiga mecânica, estresse térmico, reações químicas de alimentos ácidos, interferência durante a limpeza, degelo e intervenção de funcionários inexperientes.

Em sistemas mais antigos, as válvulas de expansão com conexões roscadas são uma fonte potencial de vazamentos. As porcas estão sujeitas a folgas, especialmente perto do evaporador, onde o gelo se apresenta. O uso de acessórios soldados reduz a ocorrência de vazamentos.

Outras fontes potenciais de vazamento em válvulas incluem as válvulas de retenção utilizadas em degelo a gás quente e válvulas solenoides.

### 11.7.3 Vazamentos em condensadores resfriados a ar

Os vazamentos em condensadores resfriados a ar são mais comuns na área da tubulação aletada, onde os tubos passam através da armação aletada do condensador. Os fabricantes têm tentado eliminar este problema, com novos arranjos para fixação das aletas na tubulação e com a utilização de tubos de maior resistência mecânica.

Nos condensadores do tipo remoto, um problema encontrado diz respeito às folgas das hélices do conjunto do motor ventilador, no caso de manutenção seja deficiente. Esta folga pode gerar atrito entre a hélice e a tubulação do condensador, provocando vazamentos.

### 11.7.4 Vazamentos na interligação do sistema de refrigeração

A interligação consiste em unir todos os componentes da linha de sucção, linha de líquido e linha de descarga, ligando o *Rack* de compressores aos evaporadores (expositores, balcões e câmaras) e condensadores.

Os vazamentos podem ocorrer em qualquer uma das ligações soldadas e ao longo da tubulação.

**Cuidado:** A tubulação deve ser mantida isolada o máximo possível no momento da instalação, evitando a entrada de impurezas e umidade. Além disso, deve possuir suportes de fixação para suportar expansão térmica e vibrações.

## 11.8 Causas dos vazamentos

Os vazamentos são causados pelo desgaste inevitável dos componentes do sistema de refrigeração, bem como o projeto deficiente e práticas de instalação e manutenção inapropriadas, tais como:

- **Falta de técnicas de brasagem apropriadas:** as fugas podem surgir a partir da preparação da tubulação de forma inapropriada ou ausente, pelo uso de liga de brasagem errada e falha ao aquecer a junta de modo uniforme e com a temperatura adequada;

- **Apertos inadequados nos componentes:** os vazamentos ocorrem nas conexões roscadas quando não há aperto suficiente ou quando estas recebem aperto excessivo;
- **Falta de tampões e selos nas válvulas:** para reduzir os vazamentos por meio das hastes das válvulas e núcleos *Schrader*, todas as hastes devem possuir tampões adequados. A Figura 171 mostra uma válvula do tipo *Schrader* sem tampa. A tampa também deve ter um selo de vedação próprio ou *oring*, para garantir a correta vedação.

**Nota:** Caso possível, evite o uso de válvulas do tipo *Schrader* na instalação.

**Figura 171** - Válvula *Schrader* sem tampa



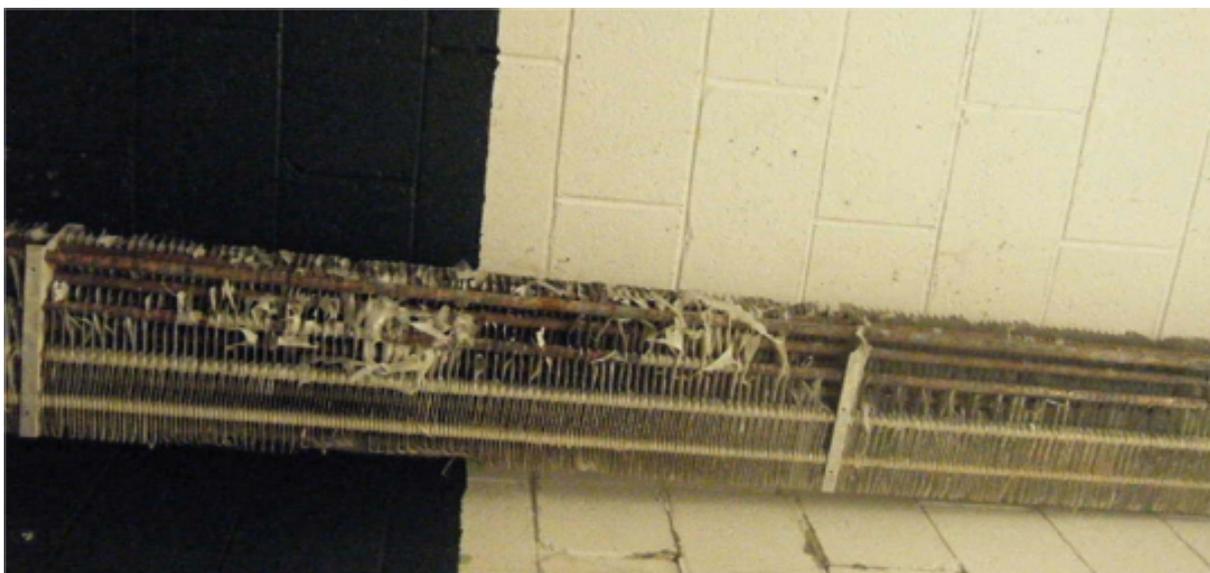
- **Material incompatível com o óleo ou fluido refrigerante:** selos expostos ao HCFC expandem a uma taxa diferente, comparados a selos expostos ao HFC. Se um sistema tiver passado por um *retrofit* com a substituição do fluido HCFC para um fluido HFC, caso necessite de mudança no tipo de óleo, a exemplo de um óleo mineral para um óleo polyolester (POE), poderá ser necessária a substituição das juntas ou vedações;
- **Vibração:** a maioria das vibrações em sistemas de refrigeração ocorre próxima ao compressor e linhas de descarga, por conta das pulsações do gás. Se a vibração na linha de descarga for elevada, esta pode romper ou danificar os acessórios próximos a ela, como mostrado na Figura 172.

**Figura 172** - Imagem de braçadeira quebrada por causa de vibrações



- **Expansão e contração térmica:** a alteração da temperatura nos sistemas de refrigeração resulta em expansão e contração da tubulação frigorífica e de componentes associados. Esta mudança de temperatura é bastante comum nas linhas de sucção e de gás quente para o degelo. A instalação da tubulação deve permitir que haja deslocamento dimensional mínimo, caso contrário as forças de estresse térmico sobre o tubo podem causar a ruptura dos acessórios nos pontos de apoio. A constante expansão e contração térmica podem, ao longo do tempo, afetar adversamente a integridade de vedação das juntas utilizadas nos componentes do sistema de refrigeração.
- **Corrosão:** as serpentinas de cobre do evaporador em contato com alimentos ácidos podem deteriorar os tubos do evaporador ao longo do tempo e desenvolver pequenos vazamentos, como pode ser visto na Figura 173. A corrosão também pode ocorrer nos componentes da sala de máquinas, com a formação de condensado. Materiais de limpeza inapropriados ou indevidamente utilizados podem causar corrosão.

**Figura 173 - Corrosão nas serpentinas**



**Importante:** Os técnicos devem usar apenas produtos de limpeza que sejam compatíveis com os componentes do sistema de refrigeração, especialmente os evaporadores e tubulações associadas.

- **Suporte para tubulação:** caso a tubulação do sistema tenha algum suporte inapropriado ou mal localizado, ela pode ceder entre os suportes ou em curvas, criando estresse indesejado, o que pode propiciar o surgimento de vazamentos na própria tubulação ou em acessórios.

## 11.9 Análise dos pontos de vazamento

O relatório de análise de vazamentos de fluido refrigerante irá proporcionar um monitoramento contínuo dos pontos de fugas de fluido para a análise das causas e dos pontos críticos a serem solucionados. Um histórico poderá ser gerado, proporcionando uma manutenção preventiva mais efetiva.

O Quadro 14 apresenta um modelo de relatório para análise de vazamento de fluido refrigerante.

**Quadro 14** - Modelo de relatório para análise de vazamento de fluido refrigerante

| Relatório para análise de vazamento de fluido refrigerante   |  | N°: |
|--|--|-----|
| <b>Preencha este relatório e caso necessário faça um esboço do circuito refrigerante e anexe para orientação</b> |  |     |
| <b>Informações Gerais</b>  |  |     |
| (01) Técnico ou empresa de manutenção:   | (04) Cliente/Endereço:                                       |     |
| (02) Fabricante do sistema de refrigeração:  | (05) Pessoa de contato e informações do operador do sistema: |     |
| (03) Data:            Data de início de operação:  | (06) Telefone:   |     |
| <b>Fluido Refrigerante</b>   |  |     |
| (07) Tipo de fluido refrigerante: R22 - R404A - R407A - R410A - R507 - R290 - R717 - outro=                      |  |     |
| (08) Fluido refrigerante acrescentado (vazamento)  | (10) Recarga completa de fluido refrigerante(kg)>            |     |
| (09) Quantidade do fluido refrigerante acrescentado (kg)>  | (11) Total de fluido refrigerante recarregado (kg) >         |     |
| <b>Informações da Instalação</b>   |  |     |
| (12) Unidade condensadora tipo/modelo/n°:  | (14) Fabricante do compressor:                               |     |
| (13) Conjunto de compressores tipo/modelo/n°:  | (15) Compressor tipo/modelo/n°:                              |     |
| (16) Evaporador tipo/modelo/n°:  | (16) Evaporador tipo/modelo/n°:                              |     |
| (17) Temperatura para resfriados   | (18) Temperatura para congelados                             |     |
| (19) Supermercado  | (20) Armazém refrigerante                                    |     |
| (21) Ar Condicionado ( <i>chiller</i> “resfriador de líquido” para água gelada)                                  | (22) Aparelhos individuais ( <i>plug-in</i> )                |     |
| (23) Ar Condicionado tipo <i>Split</i>   | (24) Outro =   |     |
| <b>Sistemas complementares</b>   |  |     |
| (25) Degelo elétrico   | (26) Sub-resfriador  |     |
| (27) Degelo a gás quente   | (28) Sistema de recuperação de calor                         |     |
| (29) Sistema de controle para nível de óleo  | (30) Sistema de alarme para fluido refrigerante              |     |
| <b>Local do Vazamento</b>  |  |     |
| (31) Linha de descarga do compressor   | (32) Linha de condensado                                     |     |
| (33) Linha de líquido  | (34) Linha de injeção de gás                                 |     |
| (35) Linha de sucção   | (36) Medição de fluido refrigerante/linha de controle        |     |
| (37) Amortecedor de vibração da linha de sucção  | (38) Linha de distribuição de óleo                           |     |
| (39) Amortecedor de vibração da linha de descarga  | (40) Distribuidor de sucção de gás                           |     |
| (41) Separador de líquido  | (42) Separador de óleo                                       |     |
| (43) Tanque de líquido   | (44) Regulador de nível de óleo                              |     |
| (45) Sub-resfriador  | (46) Resfriador líquido                                      |     |
| (47) Evaporador  | (48) Condensador do fluido refrigerante                      |     |
| (49) Dessuperaquecedor   | (50) Compressor  |     |

**Quadro 14 - Modelo de relatório para análise de vazamento de fluido frigorífico (continuação)**

|  |   |
|--|---|
| (51) Válvula solenoide   | (52) Válvula de segurança                       |
| (53) Válvula esfera/válvulas de parada de emergência                                   | (54) Filtro secador – Linha de líquido          |
| (55) Filtro secador – Linha de sucção  | (56) Filtro do fluido frigorífico               |
| (57) Indicador de nível de fluido frigorífico  | (58) Indicador de nível de óleo                 |
| (59) Interruptor de pressão / Transmissor  | (60) Manômetro de pressão                       |
| (61) Válvula de expansão   | (62) Ponto de vazamento não acessível (coberto) |
| (63) Outros =  | (64) Vazamento não encontrado                   |
| <b>Motivo do Vazamento - Nota: Mais que um motivo de vazamento pode ser aplicável!</b> |   |
| (65) Oscilação / Vibração  | (66) Pulsação na descarga de gás                |
| (67) Suporte da linha de transferência de fluido frigorífico inadequada                | (68) Choque hidráulico na linha de líquido      |
| (69) Ponto de brasagem inadequado  | (70) Brasagem capilar deficiente                |
| (71) Corrosão  | (72) Ligação aparafusada mal vedada             |
| (74) Conexão flangeada mal vedada  | (75) Válvula <i>Schrader</i> mal vedada         |
| (76) Flange mal vedado   | (77) Formação de gelo                           |
| (78) Ponto de solda inadequado   | (79) Danos de transporte                        |
| (80) Danos causados por terceiros  | (81) Outros=                                    |
| (82) Parte defeituosa/fabricante & tipo do componente                                  | (83) Assinatura do técnico                      |

# 12 Fim da vida útil

**A**o final da vida útil de um sistema de refrigeração e ar condicionado, deve ocorrer a sua desativação, desmontagem e o descarte ambientalmente adequado de suas partes, componentes, fluidos, lubrificantes, etc.

Assim, todas as matérias a serem destinadas, tais como: fluido refrigerante, óleo, trocadores de calor, filtros secadores e material de isolamento, devem ser encaminhados para a destinação final ambientalmente adequada, o que inclui a reutilização, a reciclagem, a recuperação, conforme determina a Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei nº. 12.305, de 2 de agosto de 2010) ou outra legislação ambiental estadual ou municipal, caso seja mais restritiva.

## 12.1 Desativação do sistema de refrigeração comercial

Um planejamento detalhado junto à equipe de manutenção deverá ser elaborado para eliminar a liberação de fluido refrigerante no ambiente, bem como para o correto descarte das partes, componentes e lubrificantes dos sistemas desativados.

A maioria das atividades envolvidas nesta fase é perfeitamente realizável, independentemente do tipo de fluido refrigerante utilizado. De forma geral, as seguintes ações são necessárias:

- Recolhimento do fluido refrigerante. O fluido refrigerante deve ser totalmente recolhido, evitando misturar com outros fluidos;
- Recolhimento do óleo;
- Desmontagem do sistema de refrigeração e equipamentos associados;
- Destinação do fluido refrigerante, óleo, equipamentos e componentes do sistema para as estações de coleta apropriadas.

## 12.2 Destinação final de fluidos refrigerantes e componentes do sistema

O fluido refrigerante recolhido deverá ser encaminhado para uma central de regeneração ou reciclagem, onde passará por tratamento adequado viabilizando a sua posterior reutilização.

Os fluidos refrigerantes contaminados que não sejam passíveis de reutilização devem ser armazenados em cilindros apropriados e serem enviados para destruição, conforme Resolução CONAMA nº. 340/2003. Segundo esta resolução, em nenhuma hipótese, poderão ser liberadas na atmosfera as substâncias que sejam controladas pelo Protocolo de Montreal, tais como os CFCs e HCFCs. A mesma condição se aplica aos HFCs.

O óleo lubrificante usado ou contaminado deverá ser encaminhado para refino (Resolução CONAMA nº. 362/2005).

Os demais componentes do sistema de refrigeração e contaminantes, como lubrificantes e filtros secadores etc., quando descartados e/ou reciclados, devem seguir o estabelecido pela Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), instituída pela Lei nº. 12.305, de 2 de agosto de 2010, e regulamentada pelo decreto nº. 7.404, de 23 de dezembro de 2010.

# Referências bibliográficas

Ministério do Meio Ambiente (MMA), Associação Brasileira de Supermercados (ABRAS) e Associação Brasileira de Refrigeração, Ar Condicionado, Ventilação e Aquecimento (ABRAVA). Manual de Boas Práticas em Supermercados para Sistemas de Refrigeração e Ar Condicionado, 2009.

Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH/Proklima. Manual de Segurança Recolhimento e Reciclagem de Fluidos Refrigerantes, 2007.

Ministério do Meio Ambiente (MMA), Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH/Proklima, Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (SENAI). Programa Nacional de Treinamento de Mecânicos e Refrigeristas, 2005.

MILLER R.; MILLER M. R. Refrigeração e Ar Condicionado, LTC, p. 540, 2010.

DOSSAT R. J. Princípios de Refrigeração, Hemus, Terceira edição, Brasil, p. 884, 2004.

SILVA A. Refrigeração Comercial, Nova Técnica, p.143, 2007.

Manual Danfoss. Instruções de Instalação, recomendação e instruções para o instalador, p. 200, 2007.

COSTA E. C. Refrigeração, Edgard Blucher, p. 322, 1994.

GTZ-Proklima International. Conversion of Supermarket Refrigeration Systems from F-Gases to Natural Refrigerants. Funded by Federal Ministry for Environment, Natural Conservation, and Nuclear Energy. 2010.

International Panel on Climate Change (IPCC). Climate Change 2010: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. SOLOMON, S.; D. QIN, M. MANNING; Z. CHEN, M. MARQUIS; K.B. AVERYT; M. TIGNOR; H.L. MILLER (Eds.). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. 2010.

MAHONE, D.; ROBERTS, J. White Paper on Approaches to Reducing Leakage and Improving the Performance of Supermarket Refrigeration Systems. Prepared by Heschong Mahone Group, Inc. and CTG Energetics, Inc. for the California Energy Commission. 2008.

ABNT NBR 16186/2013. Refrigeração comercial, detecção de vazamentos, contenção de fluido frigorífico, manutenção e reparos.

ABNT NBR 13598/2011. Vasos de Pressão para Refrigeração.

ABNT NBR 15976/2011. Redução das emissões de fluidos frigoríficos halogenados em equipamentos de refrigeração e ar condicionado – Requisitos gerais e procedimentos.

ABNT NBR 15960/2011. Fluidos frigoríficos – Recolhimento, reciclagem e regeneração (3R).

ABNT NBR 16069/2010. Segurança em sistemas frigoríficos.

ABNT NBR 16666/2017. Fluidos frigoríficos - Designação e classificação de segurança.

ABNT NBR 16667/2017. Especificações para fluidos frigoríficos.

ASHRAE - American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers. ASHRAE Handbook Systems, SI Edition, chap. 20, 2001.

AHRI Standard 700, Specifications for Refrigerants. 2016.

AHRI Standard 740, Performance Rating of Refrigerant Recovery Equipment and Recovery/Recycling Equipment. 2016.

EN 1861, Refrigerating systems and heat pumps. System flow diagrams and piping and instrument diagrams. Layout and symbols. 1998.

EN 378, Refrigerating systems and heat pumps. Safety and environmental requirements. Design, construction, testing, marking and documentation. 2016.

Ministério do Meio Ambiente (MMA). Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/ozonio>>. Acesso em: 15 de maio de 2017.

# Anexos

## Anexo **1** Requisitos para a regeneração de fluidos frigoríficos

**Tabela 7 - Referência padrão para amostra de fluidos contaminados, conforme AHRI 740/2016**

| Contaminantes  | Tipo de fluido frigorífico |        |     |        |     |        |        |        |        |        |        |        |      |        |        |        |        |
|--|----------------------------|--------|-----|--------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|------|--------|--------|--------|--------|
|  | R11                        | R12    | R13 | R22    | R23 | R113   | R114   | R123   | R124   | R134a  | R500   | R502   | R503 | R401A  | R401B  | R402A  | R402B  |
| Índice de umidade em ppm no fluido puro              | 100                        | 80     | 30  | 200    | 30  | 100    | 85     | 200    | 200    | 200    | 200    | 200    | 30   | 200    | 200    | 200    | 200    |
| Partículas em ppm no fluido puro <sup>1</sup>        | 80                         | 80     | N/A | 80     | N/A | 80     | 80     | 80     | 80     | 80     | 80     | 80     | N/A  | 80     | 80     | 80     | 80     |
| Acidez em ppm no fluido puro <sup>2</sup>            | 100                        | 200    | N/A | 100    | N/A | 100    | 100    | 100    | 100    | 100    | 200    | 100    | N/A  | 100    | 100    | 100    | 100    |
| Óleo em % no fluido puro                             | 20                         | 5      | N/A | 5      | N/A | 20     | 20     | 20     | 5      | 5      | 5      | 5      | N/A  | 5      | 5      | 5      | 5      |
| Viscosidade/Tipo <sup>3</sup>                        | 300/MO                     | 150/MO | N/A | 300/MO | N/A | 300/MO | 300/MO | 300/MO | 150/MO | 150/MO | 150/MO | 150/MO | N/A  | 150/AB | 150/AB | 150/AB | 150/AB |
| Gases não condensáveis (contando ar) em % por volume | N/A                        | 3      | 3   | 3      | 3   | N/A    | 3      | N/A    | 3      | 3      | 3      | 3      | 3    | 3      | 3      | 3      | 3      |

Sobrescritos:  
1 Partículas constituídas por materiais inertes e devendo cumprir os requisitos de partículas no Apêndice D da AHRI 740/2016.  
2 Consistindo de 60% de ácido do óleo e 40% de ácido clorídrico.  
3 POE=Poliolester, AB=Alquilbenzeno, MO= Óleo Mineral.  
N/A – Não se aplica.

**Tabela 7 - Referência padrão para amostra de fluidos contaminados, conforme AHRI 740/2016 (Continuação)**

| Contaminantes  | Tipo de fluido frigorífico |         |          |          |          |          |         |         |          |          |         |         |          |          |          |          |          |       |       |     |
|--|----------------------------|---------|----------|----------|----------|----------|---------|---------|----------|----------|---------|---------|----------|----------|----------|----------|----------|-------|-------|-----|
|  | R404A                      | R406A   | R407A    | R407B    | R407C    | R407D    | R408A   | R409A   | R410A    | R410B    | R411A   | R411B   | R417C    | R419B    | R422E    | R445A    | R507     | R508A | R508B |     |
| Índice de umidade em ppm no fluido puro              | 200                        | 200     | 200      | 200      | 200      | 200      | 200     | 200     | 200      | 200      | 200     | 200     | 200      | 200      | 200      | 200      | 200      | 200   | 20    | 20  |
| Partículas em ppm no fluido puro <sup>1</sup>        | 80                         | 80      | 80       | 80       | 80       | 80       | 80      | 80      | 80       | 80       | 80      | 80      | 80       | 80       | 80       | 80       | 80       | N/A   | N/A   | N/A |
| Acidez em ppm no fluido puro <sup>2</sup>            | 100                        | 200     | 100      | 100      | 100      | 100      | 100     | 100     | 100      | 100      | 100     | 100     | 100      | 100      | 100      | 100      | 100      | N/A   | N/A   | N/A |
| Óleo em % no fluido puro                             | 5                          | 5       | 5        | 5        | 5        | 5        | 5       | 5       | 5        | 5        | 5       | 5       | 5        | 5        | 5        | 5        | 5        | N/A   | N/A   | N/A |
| Viscosidade/Tipo <sup>3</sup>                        | 150/ POE                   | 150/ AB | 150/ POE | 150/ POE | 150/ POE | 150/ POE | 150/ MO | 150/ MO | 150/ POE | 150/ POE | 150/ MO | 150/ MO | 150/ POE | N/A   | N/A   | N/A |
| Gases não condensáveis (contando ar) em % por volume | 3                          | 3       | 3        | 3        | 3        | 3        | 3       | 3       | 3        | 3        | 3       | 3       | 3        | 3        | 3        | 3        | 3        | 3     | 3     | 3   |

Sobrescritos:

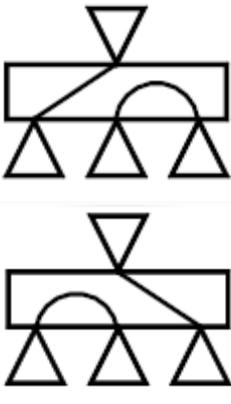
1 Partículas constituídas por materiais inertes e devendo cumprir os requisitos de partículas no Apêndice D da AHRI 740/2016.

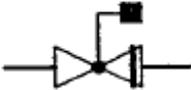
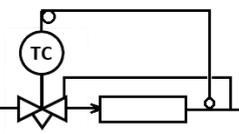
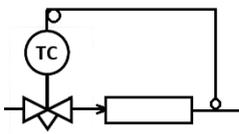
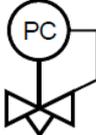
2 Consistindo de 60% de ácido do óleo e 40% de ácido clorídrico.

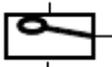
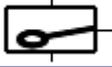
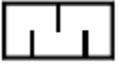
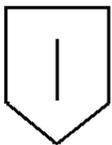
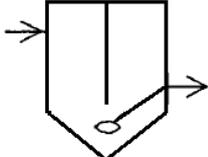
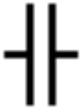
3 POE=Poliolester, AB=Alquilbenzeno, MO= Óleo Mineral.

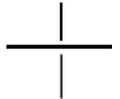
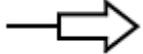
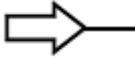
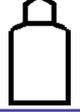
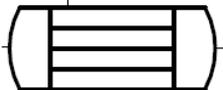
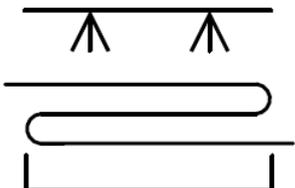
N/A – Não se aplica.

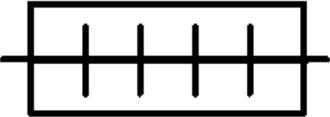
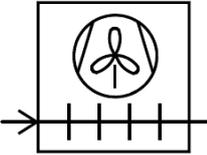
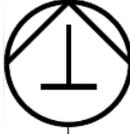
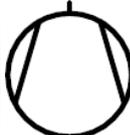
# Anexo 2 Simbologia dos componentes de refrigeração

| Simbologia de acordo com a EN1861                               |   |
|---|---|
| Válvulas de passagem  |   |
| Geral   |    |
| Geral com capa  |    |
| Fechada em operação normal                                      |     |
| Com ângulo  |    |
| Com ângulo (com capa de proteção)                               |    |
| Válvula de esfera   |  |
| Válvula de esfera com capa de proteção                          |  |
| Três vias   |  |
| Três vias com capa de proteção                                  |  |
| Três vias com capa de proteção (negrito indicando lado fechado) |  |
| Quatro vias   |   |
| Válvula Schrader  |   |
| Válvula Schrader  |   |

| Válvulas de contra fluxo   |   |
|--|---|
| Geral  |    |
| Com ângulo   |    |
| Válvulas de segurança  |   |
| Com disco curvado para o lado de abertura                        |    |
| Tipo reta  |    |
| Com ângulo e mola (baixa pressão)                                |    |
| Com ângulo e mola (lado da pressão atmosférica)                  |    |
| Válvulas de ajuste   |   |
| Geral  |  |
| Movimentação por motor elétrico                                  |  |
| Movimentação por bobina magnética (válvula solenoide)            |  |
| Movimentação por membrana  |  |
| Válvulas de controle   |   |
| Geral  |  |
| Válvula de expansão termostática com tubo de equalização externa |  |
| Válvula de expansão termostática com tubo de equalização interna |  |
| Válvula de expansão eletrônica                                   |  |
| Válvula pressostática  |  |

|  |   |
|--|---|
| Flutuador de baixa pressão (válvula abre quando o nível cai)   |    |
| Flutuador de alta pressão (válvula abre com elevação do nível) |    |
| Componentes de linha   |   |
| Conexão removível  |    |
| Válvula com conexão removível                                  |     |
| Visor de líquido   |     |
| Visor de líquido com indicador de umidade                      |     |
| Absorvedor de som (ruído)                                      |     |
| Orifício   |    |
| Filtro geral   |    |
| Filtro com núcleo fixo   |   |
| Filtro de gás / líquido  |   |
| Filtro tipo cartucho   |   |
| Filtro tipo cartucho para gás                                  |   |
| Separador geral  |   |
| Separador de óleo  |   |
| Conexão desconectável  |  |

|  |   |
|--|---|
| Válvula desconetável   |    |
| Redução  |    |
| Circuito principal do fluido frigorífico                         |    |
| Circuito secundário do fluido frigorífico                        |    |
| Capilar  |    |
| Tubo flexível  |    |
| Interseção de fluxo (linhas sem conexão)                         |    |
| Conexão do tipo T  |    |
| Tubulação isolada  |    |
| Sentido de fluxo   |  |
| Saída  |  |
| Entrada  |  |
| Seta para entrada ou saída de substância essencial, exemplo (ar) |  |
| <b>Recipientes (Tanques)</b>                                     |   |
| Geral  |  |
| Com arestas curvas   |  |
| Cilindro de gás  |  |
| <b>Trocadores de calor</b>                                       |   |
| Casco e tubo   |  |
| Gotejamento  |   |

|                             |  |
|-----------------------------|--|
| Com aletas                  |    |
| Com aletas e forçador de ar |    |
| <b>Bombas</b>               |  |
| Geral                       |    |
| Centrífuga                  |    |
| Alternativa                 |   |
| <b>Compressores</b>         |  |
| Geral                       |  |
| Alternativo                 |  |
| Parafuso                    |  |
| <b>Ventilador</b>           |  |
| Geral                       |  |
| Radial                      |  |
| Axial                       |  |

# Anexo 3 *Checklist* de manutenção preventiva

| <i>Checklist</i> de Inspeção e Atividades para a Manutenção Preventiva Planejada   |  |                     |                |
|--|--|---------------------|----------------|
| Refrigeração & Ar Condicionado   |  |                     | Página 01      |
| Item<br>Grupo de<br>Montagem/<br>Componente<br>Atividade   | Descrição das atividades   | Execução            |                |
|  |  | Periodi-<br>camente | Sob<br>Demanda |
| <b>1. Compressor alternativo e rotativo</b>  |  |                     |                |
| 1.1  | Inspeção de corrosão, poluição ou dano por agressão externa                                    | X                   |                |
| 1.2  | Limpeza para melhor funcionamento <sup>1</sup>   |                     | X              |
| 1.3  | Inspeção da fixação e ruído  | X                   |                |
| 1.4  | Medição da pressão de sucção <sup>2</sup>  | X                   |                |
| 1.5  | Medição da temperatura de sucção na entrada do compressor <sup>2</sup>                         | X                   |                |
| 1.6  | Medição da pressão de descarga <sup>2</sup>  | X                   |                |
| 1.7  | Medição da temperatura de descarga   | X                   |                |
| 1.8  | Inspeção do nível de óleo <sup>2</sup>   | X                   |                |
| 1.9  | Análise da acidez do óleo <sup>2</sup>   | X                   |                |
| 1.10   | Troca de óleo ½  |                     | X              |
| 1.11   | Medição da pressão de óleo <sup>2</sup>  | X                   |                |
| 1.12   | Ajuste da pressão do óleo, caso seja necessário (seguir instruções do fabricante) <sup>2</sup> |                     | X              |
| 1.13   | Medição da temperatura do óleo antes e após o resfriador de óleo <sup>2</sup>                  | X                   |                |
| 1.14   | Medição da temperatura de água antes e após o resfriador de óleo <sup>2</sup>                  | X                   |                |
| 1.15   | Inspeção do funcionamento do separador de óleo   | X                   |                |
| 1.16   | Inspeção do funcionamento do aquecedor do cárter   | X                   |                |
| 1.17   | Inspeção do funcionamento do sistema sem carga   | X                   |                |
| 1.18   | Inspeção do funcionamento do controle de capacidade  | X                   |                |
| 1.19   | Inspeção do funcionamento da linha de gás quente   | X                   |                |
| 1.20   | Inspeção de vazamento no selo mecânico   | X                   |                |
| 1.21   | Inspeção das válvulas de isolamento (localizada entre o transdutor de pressão e a tubulação)   |                     | X              |
| 1.22   | Medição da temperatura dos rolamentos e mancais  | X                   |                |
| 1.23   | Verificação dos pontos de vazamento de fluido refrigerante (conforme seção 8)                  | X                   |                |
| 1.24   | Unidades de acionamento <sup>3</sup>   |                     | Página 13      |
| 1.25   | Verificação do desempenho e sistema de controle  |                     | Página 12      |
| <sup>1</sup> O escopo precisa ser definido e acordado conforme orientações do fabricante   |  |                     |                |
| <sup>2</sup> Os dados de medição devem ser registrados   |  |                     |                |
| <sup>3</sup> Manutenção de motores e turbinas a gás e diesel, deve fazer parte dos manuais de operação e manutenção do fabricante e ser registrada |  |                     |                |

| <b>Checklist de Inspeção e Atividades para a Manutenção Preventiva Planejada</b>   |  |                     |                |
|--|--|---------------------|----------------|
| Refrigeração & Ar Condicionado   |  |                     | Página 02      |
| Item<br>Grupo de<br>Montagem/<br>Componente<br>Atividade   | Descrição das atividades   | Execução            |                |
|  |  | Periodi-<br>camente | Sob<br>Demanda |
| <b>2. Trocador de calor</b>  |  |                     |                |
| <b>2.1 Condensador resfriado a ar</b>  |  |                     |                |
| 2.2.1  | Inspeção de corrosão, poluição ou dano por agressão externa  | X                   |                |
| 2.1.2  | Inspeção das aletas e correção entre o espaçamento das mesmas  |                     | X              |
| 2.1.3  | Limpeza para melhor funcionamento <sup>1</sup>   |                     | X              |
| 2.1.4  | Inspeção da fixação e ruído  | X                   |                |
| 2.1.5  | Medição da temperatura de condensação <sup>2</sup>   | X                   |                |
| 2.1.6  | Medição da temperatura de sub-resfriamento <sup>2</sup>  | X                   |                |
| 2.1.7  | Medição da temperatura do ar na entrada e saída do condensador <sup>2</sup>                              | X                   |                |
| 2.1.8  | Ventilador   | Página 11           |                |
| 2.1.9  | Verificação do ajuste da pressão de condensação  | X                   |                |
| 2.1.10   | Verificação dos pontos de vazamento de fluido refrigerante (conforme seção 8)                            | X                   |                |
| 2.1.11   | Medição do desempenho e sistema de controle  | Página 12           |                |
| <b>2.2 Condensador resfriado a água</b>  |  |                     |                |
| 2.2.1  | Inspeção de corrosão, poluição ou dano por agressão externa  | X                   |                |
| 2.2.2  | Limpeza para melhor funcionamento <sup>1</sup>   |                     | X              |
| 2.2.3  | Inspeção da fixação e ruído  | X                   |                |
| 2.2.4  | Medição da temperatura de condensação <sup>2</sup>   | X                   |                |
| 2.2.5  | Medição da temperatura de sub-resfriamento <sup>2</sup>  | X                   |                |
| 2.2.6  | Medição da temperatura da água na entrada e saída do condensador <sup>2</sup>                            | X                   |                |
| 2.2.7  | Determinação da temperatura de proteção anti-congelamento (água)   | X                   |                |
| 2.2.8  | Inspeção do controle de resfriamento de água   | X                   |                |
| 2.2.9  | Ajuste do controlador de água  |                     | X              |
| 2.2.10   | Bomba  | Página 09           |                |
| 2.2.11   | Verificação dos pontos de vazamento de fluido refrigerante e lubrificante (conforme detalhes na seção 8) | X                   |                |
| 2.2.12   | Verificação do funcionamento do controlador de proteção contra congelamento                              | X                   |                |
| 2.2.13   | Recarga do fluido anticongelante   | X                   |                |
| 2.2.14   | Verificação do desempenho e sistema de controle  | Página 12           |                |
| <sup>1</sup> O escopo precisa ser definido e acordado conforme orientações do fabricante   |  |                     |                |
| <sup>2</sup> Os dados de medição devem ser registrados   |  |                     |                |
| <sup>3</sup> Manutenção de motores e turbinas a gás e diesel, deve fazer parte dos manuais de operação e manutenção do fabricante e ser registrada |  |                     |                |

| <b>Checklist de Inspeção e Atividades para a Manutenção Preventiva Planejada</b>   |   |                     |                |
|--|---|---------------------|----------------|
| Refrigeração & Ar Condicionado   |   |                     | Página 03      |
| Item<br>Grupo de<br>Montagem/<br>Componente<br>Atividade   | Descrição das atividades  | Execução            |                |
|  |   | Periodi-<br>camente | Sob<br>Demanda |
| <b>2.3 Condensador evaporativo</b>   |   |                     |                |
| 2.3.1  | Inspeção de corrosão, poluição ou dano por agressão externa                                 | X                   |                |
| 2.3.2  | Limpeza para melhor funcionamento <sup>1</sup>  |                     | X              |
| 2.3.3  | Inspeção da fixação e ruído   | X                   |                |
| 2.3.4  | Medição da temperatura de condensação <sup>2</sup>  | X                   |                |
| 2.3.5  | Medição da temperatura de sub-resfriamento <sup>2</sup>                                     | X                   |                |
| 2.3.6  | Medição da temperatura de bulbo úmido   | X                   |                |
| 2.3.7  | Verificação dos pontos de vazamento de fluido frigorífico e lubrificante (conforme seção 8) | X                   |                |
| 2.3.8  | Verificação dos pontos de vazamento de água   | X                   |                |
| 2.3.9  | Ventilador  | Página 11           |                |
| 2.3.10   | Verificação da distribuição e alimentação de água   | X                   |                |
| 2.3.11   | Verificação do nível da água  | X                   |                |
| 2.3.12   | Verificação do funcionamento do sistema de abastecimento de água                            | X                   |                |
| 2.3.13   | Verificação do funcionamento do eliminador de névoa (inspeção visual)                       | X                   |                |
| 2.3.14   | Verificação do funcionamento do sistema de retirada de lodo                                 | X                   |                |
| 2.3.15   | Ajuste do sistema de retirada de lodo   | X                   |                |
| 2.3.16   | Verificação do sistema de drenagem  | X                   |                |
| 2.3.17   | Filtros   | Página 09           |                |
| 2.3.18   | Verificação do aquecedor da bandeja   | X                   |                |
| 2.3.19   | Bomba   | Página 09           |                |
| 2.3.20   | Verificação do aquecimento na superfície  | X                   |                |
| 2.3.21   | Unidades de acionamento   | Página 13           |                |
| 2.3.22   | Verificação das condições de higiene (limpeza)  | X                   |                |
| 2.3.23   | Verificação do desempenho e sistema de controle   | Página 12           |                |
| <sup>1</sup> O escopo precisa ser definido e acordado conforme orientações do fabricante   |   |                     |                |
| <sup>2</sup> Os dados de medição devem ser registrados   |   |                     |                |
| <sup>3</sup> Manutenção de motores e turbinas a gás e diesel, deve fazer parte dos manuais de operação e manutenção do fabricante e ser registrada |   |                     |                |

| <b>Checklist de Inspeção e Atividades para a Manutenção Preventiva Planejada</b> |  |                     |                |
|--|--|---------------------|----------------|
| Refrigeração & Ar Condicionado   |  |                     | Página 04      |
| Item<br>Grupo de<br>Montagem/<br>Componente<br>Atividade                         | Descrição das atividades   | Execução            |                |
|  |  | Periodi-<br>camente | Sob<br>Demanda |
| <b>2.4 Evaporador a ar (com fluido refrigerante)</b>                             |  |                     |                |
| 2.4.1  | Inspeção de corrosão, poluição ou dano por agressão externa  | X                   |                |
| 2.4.2  | Limpeza para melhor funcionamento <sup>1</sup>   |                     | X              |
| 2.4.3  | Inspeção da fixação e ruído  | X                   |                |
| 2.4.4  | Inspeção das aletas e correção entre o espaçamento das mesmas  |                     | X              |
| 2.4.5  | Medição da pressão de evaporação <sup>2</sup>  | X                   |                |
| 2.4.6  | Medição da temperatura de evaporação na saída do evaporador <sup>2</sup>                                     | X                   |                |
| 2.4.7  | Verificação do valor da temperatura de superaquecimento <sup>2</sup>   | X                   |                |
| 2.4.8  | Medição da temperatura do ar na entrada e saída do evaporador <sup>2</sup>                                   | X                   |                |
| 2.4.9  | Ventilador   | Página 11           |                |
| 2.4.10   | Inspeção do funcionamento do regulador de pressão de sucção  | X                   |                |
| 2.4.11   | Inspeção do funcionamento do dreno de condensado   | X                   |                |
| 2.4.12   | Limpeza do dreno de condensado   |                     | X              |
| 2.4.13   | Inspeção do funcionamento do sistema de anti-congelamento  | X                   |                |
| 2.4.14   | Inspeção do funcionamento do aquecedor do dreno de condensado  | X                   |                |
| 2.4.15   | Verificação dos pontos de vazamento de fluido refrigerante e lubrificante (conforme seção 8)                 | X                   |                |
| 2.4.16   | Verificação das condições de higiene (limpeza)   | X                   |                |
| 2.4.17   | Verificação do desempenho e sistema de controle  | Página 12           |                |
| <b>2.5 Trocador com fluido intermediário (água ou salmoura)</b>                  |  |                     |                |
| 2.5.1  | Inspeção de corrosão, poluição ou dano por agressão externa  | X                   |                |
| 2.5.2  | Limpeza para melhor funcionamento <sup>1</sup>   | X                   |                |
| 2.5.3  | Inspeção da fixação e ruído  | X                   |                |
| 2.5.4  | Medição da pressão de evaporação <sup>2</sup>  | X                   |                |
| 2.5.5  | Medição da temperatura de evaporação na saída do evaporador <sup>2</sup>                                     | X                   |                |
| 2.5.6  | Verificação do valor da temperatura de superaquecimento <sup>2</sup>   | X                   |                |
| 2.5.7  | Medição da temperatura média da entrada/saída do evaporador <sup>2</sup>                                     | X                   |                |
| 2.5.8  | Verificação da temperatura mínima (de proteção) para o não congelamento do fluido intermediário <sup>2</sup> | X                   |                |
| 2.5.9  | Inspeção do nível do fluido refrigerante (evaporador inundado)   | X                   |                |
| 2.5.10   | Bomba  | Página 09           |                |
| 2.5.11   | Verificação dos pontos de vazamento de fluido (conforme detalhes na seção 8)                                 | X                   |                |
| 2.5.12   | Verificação do desempenho e sistema de controle  | Página 12           |                |
| <sup>1,2,3</sup> veja página anterior  |  |                     |                |

| <b>Checklist de Inspeção e Atividades para a Manutenção Preventiva Planejada</b>   |  |                     |                |
|--|--|---------------------|----------------|
| Refrigeração & Ar Condicionado   |  |                     | Página 05      |
| Item<br>Grupo de<br>Montagem/<br>Componente<br>Atividade   | Descrição das atividades   | Execução            |                |
|  |  | Periodi-<br>camente | Sob<br>Demanda |
| <b>2.3 Resfriador de ar com fluido intermediário (água ou salmoura) "fancoil"</b>  |  |                     |                |
| 2.6.1  | Inspeção de corrosão, poluição ou dano por agressão externa                | X                   |                |
| 2.6.2  | Limpeza para melhor funcionamento <sup>1</sup>                             |                     | X              |
| 2.6.3  | Inspeção da fixação e ruído  | X                   |                |
| 2.6.4  | Inspeção das aletas e correção entre o espaçamento das mesmas              | X                   |                |
| 2.6.5  | Medição da temperatura média de entrada e saída do resfriador <sup>2</sup> | X                   |                |
| 2.6.6  | Medição da temperatura do ar na entrada e saída do resfriador <sup>2</sup> | X                   |                |
| 2.6.7  | Verificação do valor da temperatura de superaquecimento <sup>2</sup>       | X                   |                |
| 2.6.8  | Verificação do sistema de aquecimento <sup>2</sup>                         | X                   |                |
| 2.6.9  | Ventilador   | Página 11           |                |
| 2.6.10   | Verificação do funcionamento da válvula de by-pass                         | X                   |                |
| 2.6.11   | Verificação do funcionamento da válvula solenoide                          | X                   |                |
| 2.6.12   | Inspeção do funcionamento do dreno de condensado                           | X                   |                |
| 2.6.13   | Limpeza do dreno de condensado   | X                   |                |
| 2.6.14   | Inspeção do funcionamento do sistema de anti-congelamento                  | X                   |                |
| 2.6.15   | Inspeção do funcionamento do aquecedor do dreno de condensado              | X                   |                |
| 2.6.16   | Verificação das condições de higiene (limpeza)                             | X                   |                |
| 2.6.17   | Bomba  | Página 09           |                |
| 2.6.18   | Verificação dos pontos de vazamento de água/salmoura                       | X                   |                |
| 2.6.19   | Verificação do desempenho e sistema de controle                            | Página 12           |                |
| <sup>1</sup> O escopo precisa ser definido e acordado conforme orientações do fabricante   |  |                     |                |
| <sup>2</sup> Os dados de medição devem ser registrados   |  |                     |                |
| <sup>3</sup> Manutenção de motores e turbinas a gás e diesel, deve fazer parte dos manuais de operação e manutenção do fabricante e ser registrada |  |                     |                |

| <b>Checklist de Inspeção e Atividades para a Manutenção Preventiva Planejada</b> |   |                     |                |
|--|---|---------------------|----------------|
| Refrigeração & Ar Condicionado   |   |                     | Página 06      |
| Item<br>Grupo de<br>Montagem/<br>Componente<br>Atividade                         | Descrição das atividades  | Execução            |                |
|  |   | Periodi-<br>camente | Sob<br>Demanda |
| <b>3. Componentes do circuito de refrigeração</b>                                |   |                     |                |
| <b>3.1 Linhas</b>  |   |                     |                |
| 3.1.1  | Inspeção de corrosão, poluição ou dano por agressão externa   | X                   |                |
| 3.1.2  | Limpeza para melhor funcionamento <sup>1</sup>  |                     | X              |
| 3.1.3  | Verificação de danos no isolamento  | X                   |                |
| 3.1.4  | Inspeção da fixação e ruído   | X                   |                |
| 3.1.5  | Inspeção dos amortecedores de vibração  | X                   |                |
| 3.1.6  | Verificação de obstrução no filtro secador  | X                   |                |
| 3.1.7  | Retirada do filtro secador <sup>1</sup>   |                     | X              |
| 3.1.8  | Verificação das condições do fluido refrigerante na forma líquida através do visor de líquido (na linha de líquido) | X                   |                |
| 3.1.9  | Verificação do indicador de umidade por mudança de cor  | X                   |                |
| 3.1.10   | Inspeção do nível de líquido no tanque  | X                   |                |
| 3.1.11   | Verificação dos pontos de vazamento de fluido refrigerante (conforme seção 8)                                       | X                   |                |
| <b>3.2 Controles e válvulas</b>  |   |                     |                |
| 3.2.1  | Inspeção de corrosão, poluição ou dano por agressão externa   | X                   |                |
| 3.2.2  | Limpeza para melhor funcionamento <sup>1</sup>  |                     | X              |
| 3.2.3  | Verificação de danos no isolamento  | X                   |                |
| 3.2.4  | Inspeção da fixação e ruído   | X                   |                |
| 3.2.5  | Verificação da regulagem da válvula de controle   | X                   |                |
| 3.2.6  | Ajuste da válvula de controle   |                     | X              |
| 3.2.7  | Verificação do funcionamento da válvula de passagem   | X                   |                |
| 3.2.8  | Verificação do funcionamento da válvula de retenção   | X                   |                |
| 3.2.9  | Verificação do funcionamento da válvula de 4 vias (aquecimento/ resfriamento)                                       | X                   |                |
| 3.2.10   | Verificação dos pontos de vazamento de fluido refrigerante (conforme seção 8)                                       | X                   |                |
| <b>3.3 Desempenho do sistema de controle (dispositivos de segurança)</b>         |   |                     |                |
| 3.3.1  | Inspeção de corrosão, poluição ou dano por agressão externa   | X                   |                |
| 3.3.2  | Limpeza para melhor funcionamento <sup>1</sup>  |                     | X              |
| 3.3.3  | Inspeção e teste de operação  | X                   |                |
| 3.3.4  | Ajuste conforme dados de projeto  | X                   |                |
| 3.3.5  | Verificação dos pontos de vazamento de fluido refrigerante (conforme seção 8)                                       | X                   |                |
| 3.3.6  | Verificação do desempenho e sistema de controle   | X                   |                |
| <sup>1,2,3</sup> veja página anterior  |   |                     |                |

| <b>Checklist de Inspeção e Atividades para a Manutenção Preventiva Planejada</b>   |   |                     |                |
|--|---|---------------------|----------------|
| Refrigeração & Ar Condicionado   |   |                     | Página 07      |
| Item<br>Grupo de<br>Montagem/<br>Componente<br>Atividade   | Descrição das atividades  | Execução            |                |
|  |   | Periodi-<br>camente | Sob<br>Demanda |
| <b>3.4 Instrumentos indicadores</b>  |   |                     |                |
| 3.4.1  | Inspeção de corrosão, poluição ou dano por agressão externa                   | X                   |                |
| 3.4.2  | Limpeza para melhor funcionamento <sup>1</sup>                                |                     | X              |
| 3.4.3  | Inspeção da fixação e ruído   | X                   |                |
| 3.4.4  | Verificação do indicador de pressão (integridade)                             | X                   |                |
| 3.4.5  | Verificação do indicador de temperatura (integridade)                         | X                   |                |
| 3.4.6  | Verificação do indicador de nível (integridade)                               | X                   |                |
| 3.4.7  | Verificação dos pontos de vazamento de fluido refrigerante (conforme seção 8) | X                   |                |
| <sup>1</sup> O escopo precisa ser definido e acordado conforme orientações do fabricante   |   |                     |                |
| <sup>2</sup> Os dados de medição devem ser registrados   |   |                     |                |
| <sup>3</sup> Manutenção de motores e turbinas a gás e diesel, deve fazer parte dos manuais de operação e manutenção do fabricante e ser registrada |   |                     |                |

| <b>Checklist de Inspeção e Atividades para a Manutenção Preventiva Planejada</b> |   |                     |                |
|--|---|---------------------|----------------|
| Refrigeração & Ar Condicionado   |   |                     | Página 08      |
| Item<br>Grupo de<br>Montagem/<br>Componente<br>Atividade                         | Descrição das atividades  | Execução            |                |
|  |   | Periodi-<br>camente | Sob<br>Demanda |
| <b>4. Sistemas de resfriamento</b>   |   |                     |                |
| <b>4.1 Sistemas de resfriamento evaporativo (torre de resfriamento)</b>          |   |                     |                |
| 4.1.1  | Inspeção de corrosão, poluição ou dano por agressão externa           | X                   |                |
| 4.1.2  | Limpeza para melhor funcionamento <sup>1</sup>                        |                     | X              |
| 4.1.3  | Inspeção da fixação e ruído   | X                   |                |
| 4.1.4  | Verificação de vazamento  | X                   |                |
| 4.1.5  | Ventilador  | Página 11           |                |
| 4.1.6  | Verificação da alimentação e distribuição de água                     | X                   |                |
| 4.1.7  | Verificação do nível da água  | X                   |                |
| 4.1.8  | Verificação do funcionamento do sistema de abastecimento de água      | X                   |                |
| 4.1.9  | Verificação do funcionamento do eliminador de névoa (inspeção visual) | X                   |                |
| 4.1.10   | Verificação do funcionamento do sistema de retirada de lodo           | X                   |                |
| 4.1.11   | Ajuste do sistema de retirada de lodo                                 |                     | X              |
| 4.1.12   | Verificação do sistema de drenagem                                    | X                   |                |
| 4.1.13   | Filtros   | X                   |                |
| 4.1.14   | Verificação do aquecedor da bandeja                                   | X                   |                |
| 4.1.15   | Bomba   | X                   |                |
| 4.1.16   | Verificação do aquecimento na superfície                              | X                   |                |
| 4.1.17   | Unidades de acionamento   | X                   |                |
| 4.1.18   | Verificação das condições de higiene (limpeza)                        | X                   |                |
| 4.1.19   | Verificação do desempenho e sistema de controle                       | X                   |                |
| <b>4.2 Sistemas de resfriamento seco</b>   |   |                     |                |
| 4.2.1  | Inspeção de corrosão, poluição ou dano por agressão externa           | X                   |                |
| 4.2.2  | Limpeza para melhor funcionamento <sup>1</sup>                        |                     | X              |
| 4.2.3  | Inspeção da fixação e ruído   | X                   |                |
| 4.2.4  | Verificação de vazamento  | X                   |                |
| 4.2.5  | Ventilador  | Página 11           |                |
| 4.2.6  | Verificação do controle de proteção anticongelamento                  | X                   |                |
| 4.2.7  | Verificação das condições de higiene (limpeza)                        | X                   |                |
| 4.2.8  | Verificação do desempenho e sistema de controle                       | X                   |                |
| <sup>1,2,3</sup> veja página anterior  |   |                     |                |

| <b>Checklist de Inspeção e Atividades para a Manutenção Preventiva Planejada</b>   |   |                     |                |
|--|---|---------------------|----------------|
| Refrigeração & Ar Condicionado   |   |                     | Página 09      |
| Item<br>Grupo de<br>Montagem/<br>Componente<br>Atividade   | Descrição das atividades                                    | Execução            |                |
|  |   | Periodi-<br>camente | Sob<br>Demanda |
| <b>5. Tubulação e seus componentes do circuito secundário (água e salmoura)</b>  |   |                     |                |
| <b>5.1 Bombas</b>  |   |                     |                |
| 5.1.1  | Inspeção de corrosão, poluição ou dano por agressão externa | X                   |                |
| 5.1.2  | Limpeza para melhor funcionamento <sup>1</sup>              |                     | X              |
| 5.1.3  | Inspeção da fixação e ruído                                 | X                   |                |
| 5.1.4  | Inspeção de funcionamento                                   | X                   |                |
| 5.1.5  | Inspeção do sistema de controle de nível                    | X                   |                |
| 5.1.6  | Verificação de vazamento (visual)                           | X                   |                |
| 5.1.7  | Unidade de acionamento                                      | Página 13           |                |
| 5.1.8  | Verificação do desempenho e sistema de controle             | X                   |                |
| <b>5.2 Válvulas de passagem, balanceamento e controle</b>  |   |                     |                |
| 5.2.1  | Inspeção de corrosão, poluição ou dano por agressão externa | X                   |                |
| 5.2.2  | Limpeza para melhor funcionamento <sup>1</sup>              |                     | X              |
| 5.2.3  | Inspeção da fixação e ruído                                 | X                   |                |
| 5.2.4  | Inspeção de funcionamento                                   | X                   |                |
| 5.2.5  | Verificação de vazamento (visual) (conforme seção 8)        | X                   |                |
| <b>5.3 Filtros</b>   |   |                     |                |
| 5.3.1  | Inspeção de corrosão, poluição ou dano por agressão externa | X                   |                |
| 5.3.2  | Limpeza para melhor funcionamento <sup>1</sup>              |                     | X              |
| 5.3.3  | Inspeção da fixação e ruído                                 | X                   |                |
| 5.3.4  | Limpeza dos filtros de tela (peneira)                       | X                   |                |
| 5.3.5  | Verificação de vazamento (visual) (conforme seção 8)        | X                   |                |
| <sup>1</sup> O escopo precisa ser definido e acordado conforme orientações do fabricante   |   |                     |                |
| <sup>2</sup> Os dados de medição devem ser registrados   |   |                     |                |
| <sup>3</sup> Manutenção de motores e turbinas a gás e diesel, deve fazer parte dos manuais de operação e manutenção do fabricante e ser registrada |   |                     |                |

| <b>Checklist de Inspeção e Atividades para a Manutenção Preventiva Planejada</b>   |  |                     |                |
|--|--|---------------------|----------------|
| Refrigeração & Ar Condicionado   |  |                     | Página 10      |
| Item<br>Grupo de<br>Montagem/<br>Componente<br>Atividade   | Descrição das atividades   | Execução            |                |
|  |  | Periodi-<br>camente | Sob<br>Demanda |
| <b>5.4 Tubulação (água/salmoura)</b>   |  |                     |                |
| 5.4.1  | Inspeção de corrosão, poluição ou dano por agressão externa            | X                   |                |
| 5.4.2  | Limpeza para melhor funcionamento <sup>1</sup>                         |                     | X              |
| 5.4.3  | Inspeção da fixação e ruído  | X                   |                |
| 5.4.4  | Inspeção de danos no isolamento  | X                   |                |
| 5.4.5  | Verificação do funcionamento do indicador de temperatura (integridade) | X                   |                |
| 5.4.6  | Verificação do funcionamento do indicador de pressão (integridade)     | X                   |                |
| 5.4.7  | Verificação dos amortecedores de vibração                              | X                   |                |
| 5.4.8  | Inspeção do sistema anticongelamento                                   | X                   |                |
| 5.4.9  | Verificação do sistema de aquecimento de superfície                    | X                   |                |
| 5.4.10   | Inspeção do funcionamento dos aparelhos e equipamentos de segurança    | X                   |                |
| 5.4.11   | Verificação de pulga de ar   | X                   |                |
| 5.4.12   | Verificação de vazamento (visual)                                      | X                   |                |
| <b>5.5 Vasos de expansão</b>   |  |                     |                |
| 5.5.1  | Inspeção de corrosão, poluição ou dano por agressão externa            | X                   |                |
| 5.5.2  | Limpeza para melhor funcionamento <sup>1</sup>                         |                     | X              |
| 5.5.3  | Inspeção da fixação e ruído  | X                   |                |
| 5.5.4  | Verificação das válvulas de passagem e do tubo de expansão             | X                   |                |
| 5.5.5  | Verificação da pressão no vaso de expansão                             | X                   |                |
| 5.5.6  | Verificação do coxim hidráulico  | X                   |                |
| 5.5.7  | Criação do coxim hidráulico  |                     | X              |
| 5.5.8  | Verificação do funcionamento da válvula de segurança                   | X                   |                |
| 5.5.9  | Verificação de vazamento (visual)                                      | X                   |                |
| <sup>1</sup> O escopo precisa ser definido e acordado conforme orientações do fabricante   |  |                     |                |
| <sup>2</sup> Os dados de medição devem ser registrados   |  |                     |                |
| <sup>3</sup> Manutenção de motores e turbinas a gás e diesel, deve fazer parte dos manuais de operação e manutenção do fabricante e ser registrada |  |                     |                |

| <b>Checklist de Inspeção e Atividades para a Manutenção Preventiva Planejada</b>   |   |                     |                |
|--|---|---------------------|----------------|
| Refrigeração & Ar Condicionado   |   |                     | Página 11      |
| Item<br>Grupo de<br>Montagem/<br>Componente<br>Atividade   | Descrição das atividades                                    | Execução            |                |
|  |   | Periodi-<br>camente | Sob<br>Demanda |
| <b>6. Sistemas de manuseio do ar</b>   |   |                     |                |
| <b>6.1 Ventiladores</b>  |   |                     |                |
| 6.1.1  | Inspeção de corrosão, poluição ou dano por agressão externa | X                   |                |
| 6.1.2  | Limpeza para melhor funcionamento <sup>1</sup>              |                     | X              |
| 6.1.3  | Inspeção da fixação e ruído                                 | X                   |                |
| 6.1.4  | Verificação do balanceamento do ventilador                  | X                   |                |
| 6.1.5  | Ajuste das lâminas (pás)                                    | X                   |                |
| 6.1.6  | Inspeção de ruído dos rolamentos                            | X                   |                |
| 6.1.7  | Lubrificação dos rolamentos                                 |                     | X              |
| 6.1.8  | Verificação das conexões                                    | X                   |                |
| 6.1.9  | Verificação dos amortecedores de vibração                   | X                   |                |
| 6.1.10   | Verificação dos equipamentos de segurança                   | X                   |                |
| 6.1.11   | Verificação do controle de ventilação                       | X                   |                |
| 6.1.12   | Verificação das condições de higiene (limpeza)              | X                   |                |
| 6.1.13   | Verificação do sistema de drenagem                          | X                   |                |
| 6.1.14   | Unidades de acionamento                                     |                     | Página 13      |
| <b>6.2 Dutos e filtros de ar (para regiões acessíveis)</b>   |   |                     |                |
| 6.2.1  | Inspeção de corrosão, poluição ou dano por agressão externa | X                   |                |
| 6.2.2  | Inspeção de corrosão, poluição ou dano por agressão interna | X                   |                |
| 6.2.3  | Limpeza para melhor funcionamento <sup>1</sup>              |                     | X              |
| 6.2.4  | Inspeção da fixação e ruído                                 | X                   |                |
| 6.2.5  | Verificação do sistema de drenagem                          | X                   |                |
| 6.2.6  | Limpeza do sistema de drenagem <sup>1</sup>                 |                     | X              |
| 6.2.7  | Verificação de vazamento de ar nas junções flexíveis        | X                   |                |
| 6.2.8  | Verificação de vazamento de ar                              | X                   |                |
| 6.2.9  | Inspeção de corrosão ou dano nos filtros                    | X                   |                |
| 6.2.10   | Limpeza dos filtros <sup>1</sup>                            |                     | X              |
| <sup>1</sup> O escopo precisa ser definido e acordado conforme orientações do fabricante   |   |                     |                |
| <sup>2</sup> Os dados de medição devem ser registrados   |   |                     |                |
| <sup>3</sup> Manutenção de motores e turbinas a gás e diesel, deve fazer parte dos manuais de operação e manutenção do fabricante e ser registrada |   |                     |                |

| <b>Checklist de Inspeção e Atividades para a Manutenção Preventiva Planejada</b>   |  |                     |                |
|--|--|---------------------|----------------|
| Refrigeração & Ar Condicionado   |  |                     | Página 12      |
| Item<br>Grupo de<br>Montagem/<br>Componente<br>Atividade   | Descrição das atividades   | Execução            |                |
|  |  | Periodi-<br>camente | Sob<br>Demanda |
| <b>7. Instalações elétricas e medição de desempenho e sistema de controle</b>  |  |                     |                |
| <b>7.1 Quadro de controle</b>  |  |                     |                |
| 7.1.1  | Inspeção de corrosão, poluição ou dano por agressão externa  | X                   |                |
| 7.1.2  | Limpeza para melhor funcionamento <sup>1</sup>   |                     | X              |
| 7.1.3  | Inspeção da fixação e ruído  | X                   |                |
| 7.1.4  | Inspeção das conexões elétricas  | X                   |                |
| 7.1.5  | Apertar todas as conexões elétricas (com o circuito desligado)   | X                   |                |
| 7.1.6  | Inspeção visual dos condutores elétricos (soltos/desgastados)  | X                   |                |
| 7.1.7  | Verificar e registrar tensão elétrica dos diversos circuitos <sup>2</sup>  | X                   |                |
| 7.1.8  | Verificar e registrar o consumo de energia das cargas principais <sup>2</sup>  | X                   |                |
| 7.1.9  | Verificação do funcionamento dos componentes de medição elétrica   | X                   |                |
| 7.1.10   | Verificação de desgaste dos componentes de medição elétrica  | X                   |                |
| 7.1.11   | Configuração do desempenho e sistema de controle   | X                   |                |
| 7.1.12   | Medição de sinais de entrada e testes conforme definidos no projeto elétrico   | X                   |                |
| 7.1.13   | Verificar e registrar configurações de operação <sup>2</sup>   | X                   |                |
| 7.1.14   | Realizar e registrar calibrações e parametrizações <sup>2</sup>  | X                   |                |
| 7.1.15   | Verificar pontos ligados/desligados  | X                   |                |
| 7.1.16   | Verificar tempos de operação do equipamento a fim de planejar as manutenções   | X                   |                |
| 7.1.17   | Medição do valor máximo da corrente elétrica do equipamento e verificação do ajuste do sistema de segurança de corrente elétrica | X                   |                |
| 7.1.18   | Revisão do histórico de diagnósticos incluindo incidentes e alarmes  | X                   |                |
| 7.1.19   | Inspeção do funcionamento dos dispositivos de segurança  | X                   |                |
| 7.1.20   | Inspeção dos controles e sistema de segurança  | X                   |                |
| 7.1.21   | Configuração dos parâmetros de segurança <sup>2</sup>  | X                   |                |
| 7.1.22   | Verificação das lâmpadas indicadoras   | X                   |                |
| 7.1.23   | Verificação dos sistemas de alarmes  | X                   |                |
| 7.1.24   | Verificação do funcionamento do interruptor de emergência  | X                   |                |
| 7.1.25   | Inspeção da ventilação de entrada e saída  | X                   |                |
| 7.1.26   | Inspeção das baterias de reserva (substitua se necessário) <sup>1</sup>  | X                   |                |
| <sup>1</sup> O escopo precisa ser definido e acordado conforme orientações do fabricante   |  |                     |                |
| <sup>2</sup> Os dados de medição devem ser registrados   |  |                     |                |
| <sup>3</sup> Manutenção de motores e turbinas a gás e diesel, deve fazer parte dos manuais de operação e manutenção do fabricante e ser registrada |  |                     |                |

| <b>Checklist de Inspeção e Atividades para a Manutenção Preventiva Planejada</b>   |   |                     |                |
|--|---|---------------------|----------------|
| Refrigeração & Ar Condicionado   |   |                     | Página 13      |
| Item<br>Grupo de<br>Montagem/<br>Componente<br>Atividade   | Descrição das atividades  | Execução            |                |
|  |   | Periodi-<br>camente | Sob<br>Demanda |
| <b>7.2 Motor elétrico</b>  |   |                     |                |
| 7.2.1  | Inspeção de corrosão, poluição ou dano por agressão externa               | X                   |                |
| 7.2.2  | Limpeza para melhor funcionamento <sup>1</sup>                            |                     | X              |
| 7.2.3  | Inspeção da fixação e ruído (rolamento)                                   | X                   |                |
| 7.2.4  | Lubrificação dos rolamentos <sup>1</sup>                                  |                     | X              |
| 7.2.5  | Apertar todas as conexões elétricas (com circuito elétrico desligado)     | X                   |                |
| 7.2.6  | Inspeção visual dos condutores elétricos (soltos/desgastados)             | X                   |                |
| 7.2.7  | Verificar e registrar tensão elétrica dos diversos circuitos <sup>2</sup> | X                   |                |
| 7.2.8  | Verificar e registrar o consumo de energia <sup>2</sup>                   | X                   |                |
| 7.2.9  | Medição das fases <sup>2</sup>  | X                   |                |
| 7.2.10   | Teste do isolamento elétrico <sup>2</sup>                                 | X                   |                |
| 7.2.11   | Inspeção do sentido de rotação  | X                   |                |
| 7.2.12   | Inspeção do funcionamento dos dispositivos de segurança e proteção        | X                   |                |
| <b>7.3 Correia de transmissão</b>  |   |                     |                |
| 7.3.1  | Inspeção de corrosão, poluição ou dano por agressão externa               | X                   |                |
| 7.3.2  | Limpeza para melhor funcionamento <sup>1</sup>                            |                     | X              |
| 7.3.3  | Inspeção da tensão e alinhamento da correia                               | X                   |                |
| 7.3.4  | Ajuste da tensão e alinhamento da correia                                 |                     | X              |
| 7.3.5  | Substituição da correia de transmissão <sup>1</sup>                       |                     | X              |
| 7.3.6  | Inspeção do funcionamento dos dispositivos de segurança e proteção        | X                   |                |
| <b>7.4 Acoplamento de transmissão</b>  |   |                     |                |
| 7.4.1  | Inspeção de corrosão, poluição ou dano por agressão externa               | X                   |                |
| 7.4.2  | Limpeza para melhor funcionamento <sup>1</sup>                            |                     | X              |
| 7.4.3  | Inspeção da fixação e ruído   | X                   |                |
| 7.4.4  | Inspeção do alinhamento   | X                   |                |
| 7.4.5  | Verificação do óleo   | X                   |                |
| 7.4.6  | Substituição do óleo <sup>1</sup>   |                     | X              |
| <sup>1</sup> O escopo precisa ser definido e acordado conforme orientações do fabricante   |   |                     |                |
| <sup>2</sup> Os dados de medição devem ser registrados   |   |                     |                |
| <sup>3</sup> Manutenção de motores e turbinas a gás e diesel, deve fazer parte dos manuais de operação e manutenção do fabricante e ser registrada |   |                     |                |

| <b>Checklist de Inspeção e Atividades para a Manutenção Preventiva Planejada</b> |   |                     |                |
|--|---|---------------------|----------------|
| Refrigeração & Ar Condicionado   |   |                     | Página 14      |
| Item<br>Grupo de<br>Montagem/<br>Componente<br>Atividade                         | Descrição das atividades  | Execução            |                |
|  |   | Periodi-<br>camente | Sob<br>Demanda |
| <b>8. Verificação/Teste de vazamentos</b>  |   |                     |                |
| <b>8.1 Inspeção e métodos de testes de vazamentos indiretos</b>                  |   |                     |                |
| 8.1.1  | Inspeção e análise dos registros de manutenção e reparo                             | X                   | X              |
| 8.1.2  | Inspeção dos registros de manuseio de fluido refrigerante (recarga, recolhimento)   | X                   | X              |
| 8.1.3  | Inspeção dos dados do sistema (projeto e operação)                                  | X                   | X              |
| 8.1.4  | Inspeção de ruído e vibração  | X                   | X              |
| 8.1.5  | Inspeção de corrosão  | X                   | X              |
| 8.1.6  | Inspeção de vazamentos de óleo  | X                   | X              |
| 8.1.7  | Inspeção de avaria dos componentes  | X                   | X              |
| 8.1.8  | Inspeção dos dispositivos de segurança  | X                   | X              |
| 8.1.9  | Inspeção dos controles e sensores de pressão  | X                   | X              |
| 8.1.10   | Inspeção das condições dos manômetros   | X                   | X              |
| 8.1.11   | Definir valores de inspeção para os dispositivos de segurança e controle de pressão | X                   | X              |
| 8.1.12   | Verificar temperatura e pressão de operação do sistema                              | X                   | X              |
| 8.1.13   | Verificar parâmetro de temperatura para refrigeração                                | X                   | X              |
| 8.1.14   | Verificar nível nos visores de líquido ou indicadores de nível                      | X                   | X              |
| 8.1.15   | Verificar se a queda de eficiência do sistema                                       | X                   | X              |

| <b>Checklist de Inspeção e Atividades para a Manutenção Preventiva Planejada</b> |   |                     |                |
|--|---|---------------------|----------------|
| Refrigeração & Ar Condicionado   |   |                     | Página 15      |
| Item<br>Grupo de<br>Montagem/<br>Componente<br>Atividade                         | Descrição das atividades  | Execução            |                |
|  |   | Periodi-<br>camente | Sob<br>Demanda |
| <b>8. Verificação/Teste de vazamentos</b>  |   |                     |                |
| <b>8.2 Inspeção e métodos de testes de vazamentos diretos</b>                    |   |                     |                |
| 8.2.1  | Detecção de vazamento de fluido refrigerante por meio de detector de gás portátil                     | X                   | X              |
| 8.2.2  | Verificar sensibilidade (deve estar em 5 gramas por ano)  | X                   | X              |
| 8.2.3  | Verificar a calibração do detector de gás portátil  | X                   | X              |
| 8.2.4  | Verificação de vazamento por meio de nitrogênio seco com água e sabão                                 | X                   | X              |
| 8.2.5  | Verificação de vazamento por meio de vestígios de óleo  | X                   | X              |
| 8.2.6  | Inspeção nas conexões de solda ou brasagem  | X                   | X              |
| 8.2.7  | Inspeção de vazamentos nas válvulas (tampas, hastes das válvulas de serviços, <i>Schrader</i> , etc.) | X                   | X              |
| 8.2.8  | Verificação de vazamento nos retentores, selos e flanges  | X                   | X              |
| 8.2.9  | Verificação de vazamento nas regiões de vibração  | X                   | X              |
| 8.2.10   | Verificação de vazamento na carcaça dos filtros secadores com núcleo substituível                     | X                   | X              |
| 8.2.11   | Verificação de vazamento nos dispositivos de segurança  | X                   | X              |
| 8.2.12   | Verificação de vazamento nos plugues fusíveis   | X                   | X              |
| 8.2.13   | Verificação de vazamento nos discos de ruptura  | X                   | X              |
| 8.2.14   | Verificação de corrosão e danos mecânicos nas curvas e tubos dos condensadores                        | X                   | X              |
| 8.2.15   | Verificação de corrosão e danos mecânicos nas curvas e tubos dos evaporadores                         | X                   | X              |
| 8.2.16   | Verificação de vazamento nos pressostatos   | X                   | X              |
| 8.2.17   | Verificação de vazamento nas válvulas solenoides, partes móveis e juntas                              | X                   | X              |
| 8.2.18   | Verificação de vazamento nas bandejas e dreno de condensado   | X                   | X              |
| 8.2.19   | Verificação de vazamento no visor de líquido, conexões e vidro  | X                   | X              |
| 8.2.20   | Reparo obrigatório dos vazamentos detectados <sup>1</sup>   | X                   | X              |
| 8.2.21   | Repetir a detecção de vazamentos nos componentes, quando tiverem sido consertados                     | X                   | X              |
| 8.2.22   | Atualizar livro de registros com detalhes e retorno dos resultados das inspeções dos vazamento        | X                   | X              |
| 8.2.23   | Reinspeção do vazamento consertado, 30 dias após o reparo <sup>1</sup>                                | X                   | X              |

<sup>1</sup>O escopo precisa ser definido e acordado conforme orientações do fabricante

| <b>Checklist de Inspeção e Atividades para a Manutenção Preventiva Planejada</b>   |   |                     |                |
|--|---|---------------------|----------------|
| Refrigeração & Ar Condicionado   |   |                     | Página 16      |
| Item<br>Grupo de<br>Montagem/<br>Componente<br>Atividade   | Descrição das atividades  | Execução            |                |
|  |   | Periodi-<br>camente | Sob<br>Demanda |
| <b>9. Documentação e identificação (componentes do sistema e sala de máquinas)</b>   |   |                     |                |
| 9.1  | Verificar disponibilidade das instruções do fabricante  | X                   |                |
| 9.2  | Verificar disponibilidade do projeto elétrico   | X                   |                |
| 9.3  | Verificar disponibilidade do diagrama de fluxo  | X                   |                |
| 9.4  | Verificar disponibilidade das instruções de manutenção  | X                   |                |
| 9.5  | Verificar disponibilidade das informações operacionais para o usuário   | X                   |                |
| 9.6  | Verificar disponibilidade da placa de identificação do sistema  | X                   |                |
| 9.7  | Documentação referente à verificação dos equipamentos sob pressão e seus componentes                            | X                   |                |
| 9.8  | Disponibilidade do livro de registros (consumo de fluido frigorífico, reparos, manutenção preventiva planejada) | X                   |                |
| 9.9  | Verificar registros de teste de estanqueidade   | X                   |                |
| 9.10   | Verificar registros e integridade do livro de registros   | X                   |                |
| 9.11   | Verificar disponibilidade de identificação necessária para segurança  | X                   |                |
| 9.12   | Verificar visualidade da identificação e avisos de segurança  | X                   |                |
| 9.13   | Verificar identificação de emergência, primeiros socorros e plano de ação                                       | X                   |                |
| 9.14   | Verificar disponibilidade de dados de contato das empresas de instalação e manutenção                           | X                   |                |
| <sup>1</sup> O escopo precisa ser definido e acordado conforme orientações do fabricante   |   |                     |                |
| <sup>2</sup> Os dados de medição devem ser registrados   |   |                     |                |
| <sup>3</sup> Manutenção de motores e turbinas a gás e diesel, deve fazer parte dos manuais de operação e manutenção do fabricante e ser registrada |   |                     |                |

# Anexo 4 Livro de registro

**Registros das condições de operação e monitoramento para sistemas de refrigeração comercial**

**Nome da instalação:**

**Número de referência:**

| <b>SUMÁRIO</b>   |  |
|--|--|
| Informações do usuário final e da localização da instalação        |  |
| Informações do fabricante e sobre a instalação                     |  |
| Informações sobre a finalidade da instalação e dados de desempenho |  |
| Acréscimo de fluido refrigerante                                   |  |
| Recolhimento de fluido refrigerante                                |  |
| Teste de vazamento/estanqueidade                                   |  |
| Atividades de acompanhamento / Teste de vazamento                  |  |
| Teste do sistema automático de detecção de vazamentos              |  |
| Emissão de fluidos refrigerantes por ano                           |  |
| Registro de manutenção   |  |
| Registro de reparos e serviços realizados                          |  |
| Pressões máximas permitidas para fluidos refrigerantes diferentes  |  |

| <b>Informações do usuário final</b>                       |  |
|---|--|
| Empresa   |  |
| CNPJ  |  |
| Ramo de atividades  |  |
| Pessoa de contato   |  |
| Endereço  |  |
| Cidade/Estado   |  |
| CEP   |  |
| Tel./Fax  |  |
| <b>Localização da instalação (informações adicionais)</b> |  |
| Empresa   |  |
| CNPJ  |  |
| Ramo de atividades  |  |
| Pessoa de contato   |  |
| Endereço  |  |
| Cidade/Estado   |  |
| CEP   |  |
| Tel./Fax  |  |
| <b>Informações sobre o fabricante</b>                     |  |
| Empresa   |  |
| CNPJ  |  |
| Ramo de atividades  |  |
| Pessoa de contato   |  |
| Endereço  |  |
| Cidade/Estado   |  |
| CEP   |  |
| Tel./Fax  |  |

| Informações sobre a instalação   |  |
|--|--|
| Fabricante   |  |
| Ano de instalação  |  |
| Tipo/no de série   |  |
| Comissionamento  |  |
| Fluido frigorífico   |  |
| Quantidade de fluido frigorífico instalado por circuito de refrigeração (kg) |  |
| Pressão máxima no lado de alta pressão                                       |  |
| Pressão máxima no lado de baixa pressão                                      |  |

| Finalidade da instalação               |  |
|--|--|
| Refrigeração                           |  |
| Processo de congelamento               |  |
| Ar condicionado                        |  |
| <i>Chiller</i>                         |  |
| Bomba de calor                         |  |
| Aparelho individual ( <i>plug-in</i> ) |  |

| Dados de desempenho              |  |
|----------------------------------|--|
| Capacidade de refrigeração (kW)  |  |
| Capacidade de aquecimento (kW)   |  |
| Temperatura de evaporação (°C)   |  |
| Temperatura de condensação (°C)  |  |
| Temperatura do produto/sala (°C) |  |
| Temperatura ambiente (°C)        |  |























Apoio

**abras**<sup>®</sup>  
Brasil



**ABRAVA**  
ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE REFRIGERAÇÃO,  
AR CONDICIONADO, VENTILAÇÃO E AQUECIMENTO

Execução



cooperação  
alemã

DEUTSCHE ZUSAMMENARBEIT

Por meio da:

**giz** Deutsche Gesellschaft  
für Internationale  
Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Coordenação

**MINISTÉRIO DO  
MEIO AMBIENTE**

