



## XVI CONBRAVA - CONGRESSO BRASILEIRO DE REFRIGERAÇÃO, AR-CONDICIONADO, VENTILAÇÃO, AQUECIMENTO E TRATAMENTO DO AR

São Paulo Expo - 10 a 13 de setembro de 2019

# BOAS PRÁTICAS NO USO DO COBRE EM SISTEMAS DE REFRIGERAÇÃO E CLIMATIZAÇÃO

José de Jesus Amaral Marques

## RESUMO

Os sistemas de refrigeração e climatização tem tido uma aplicação crescente na sociedade. Nesta mesma sociedade vemos o foco em sustentabilidade e preservação do meio ambiente, portanto os profissionais do setor de HVAC-R estão na constante busca de soluções que permitam a otimização do consumo dos equipamentos de refrigeração e climatização, e que também contribuam para o bem-estar da sociedade e o crescimento econômico do país. Mediante esse contexto este trabalho propõe a utilização e a difusão de técnicas para a elaboração, execução e a manutenção das tubulações de cobre dos sistemas frigoríficos. Estas técnicas envolvem o uso das boas práticas, observando os procedimentos de manuseio de tubos de cobre na realização de uniões por brasagem, uniões roscadas e uniões mecânicas, considerando também as técnicas de limpeza das tubulações e suas fontes de contaminação, tendo em vista que essa é uma das fases da montagem do sistema frigorífico que possui uma grande importância para o desempenho do sistema como um todo. Neste sentido a atuação de profissionais bem qualificados viabilizam sistemas eficientes que promovem a sustentabilidade, e a preservação do meio ambiente.

**Palavras Chave:** Cobre; Tubo de cobre; Refrigeração; Climatização; Manutenção

## ABSTRACT

Refrigeration and air conditioning systems is growing application in society. In this same society we see the focus on sustainability and preservation of the environment, so the professionals of the HVAC-R sector are constantly searching for solutions that allow the optimization the consumption of refrigeration and air conditioning equipment and also contribute to the well-being of society and the economic growth of the country. In this context, this work proposes the use and diffusion of techniques for the preparation, execution, and maintenance of the copper pipes using in refrigeration systems. These techniques cover the use of good practices, observing the procedures for handling copper pipes in brazing joints, thread joints and mechanical joints, also considering pipe cleaning techniques and their sources of contamination, considering that this is one of the phases of the assembly of the refrigeration system that is of great importance for the performance for the whole system. In this sense, the performance of well-qualified professionals enables efficient systems that promote sustainability, and the preservation of the environment.

**Keywords:** Copper; Copper tube; Refrigeration; Air conditioning; Maintenance

1. MARQUES, José de Jesus Amaral. Boas práticas no uso do cobre em sistemas de refrigeração e climatização. In: Congresso Brasileiro de Refrigeração, Ar Condicionado, Ventilação, Aquecimento e Tratamento de Ar, 16., São Paulo: 2019, 12p. Área: Gestão da manutenção, operação e boas práticas.

## 1 INTRODUÇÃO

Mediante ao crescente número de instalações de condicionadores de ar tipo Split, VRF e dos sistemas de refrigeração comercial, constituídos por componentes e tubulação de cobre, tem-se encontrado problemas de funcionamento relacionado com vazamento de fluido frigorífico e contaminação devido à ausência das boas práticas no uso do cobre, o que reduz a eficiência energética e a vida útil dos componentes.

Os sistemas frigoríficos contaminados com óxido de cobre comprometem a qualidade do óleo lubrificante e a vazão do fluido refrigerante através do dispositivo de expansão.

Com o uso das boas práticas nos serviços de refrigeração e ar-condicionado obtêm-se benefícios ao meio ambiente e qualidade nos serviços de instalação e manutenção, proporcionando maior durabilidade e maior eficiência energética dos sistemas.

## 2 TUBOS DE COBRE

No universo da refrigeração e climatização, os tubos de cobre são utilizados na construção dos sistemas para garantir sua funcionalidade, eficiência e durabilidade.

Por trabalhar com fluido frigorífico em seu interior com pressões muito acima ou abaixo da pressão atmosférica, suas paredes devem suportar essas variações de pressão sem causar deformações ou rompimentos. Além disso, devem facilitar a transferência de calor entre as substâncias envolvidas nos pontos desejados do sistema.

Com o compromisso de fabricar tubos de cobre para a refrigeração e climatização, a indústria oferece os seguintes tipos de tubo com os mais variados diâmetros, cujas têmperas e ligas devem estar de acordo com as normas recomendadas para o setor:

- Tubos de cobre flexível sem costura em *pancakes*;
- Tubos de cobre flexível sem costura em rolos;
- Tubos de cobre encruados sem costura em barras.

## 3 MANUSEIO DE TUBOS DE COBRE

Os tubos de cobre para uso em refrigeração e climatização devem ser acondicionados de acordo com a têmpera, e quanto as suas dimensões, em diâmetro nominal e espessura, comprimento das barras e bobinas.

Devem ser armazenados em locais cobertos e não ficar em contato direto com o solo nem com materiais que provoquem sua corrosão, protegidos de umidade e poeiras, permanecendo tamponados, ou seja, com as pontas lacradas.

O empilhamento deve ser feito de modo que os tubos não sofram danos no manuseio nem no transporte.

Esses mesmos cuidados devem ser tomados quando os tubos estiverem na obra estocados ou fazendo parte da própria tubulação. É comum, de um dia de trabalho para o outro ou aos finais de semana em que a obra é parada, para o descanso dos trabalhadores ou até mesmo durante a execução em que um trecho é finalizado, não serem tomados os devidos cuidados para evitar contaminação.

Os tubos apropriados para a montagem dos sistemas frigoríficos devem favorecer o seu desempenho, segurança para os usuários, operadores e mantenedores. Como existem fluidos refrigerantes que são inflamáveis e tóxicos, a tubulação deve garantir a segurança dos mesmos.

### **4 CLASSIFICAÇÃO DOS FLUIDOS REFRIGERANTES POR NÍVEIS DE TOXICIDADE E INFLAMABILIDADE**

O uso do fluido é determinado pela classificação de segurança.

Para a classificação de toxicidade, os fluidos são determinados para uma das duas classes A e B, baseando-se na exposição crônica autorizada para determinadas concentrações.

- Classe A (baixa toxicidade): fluidos frigoríficos com concentração média aferida, sem efeitos adversos para quase todos os trabalhadores que possam estar expostos diariamente num dia normal de trabalho (8 h) e uma semana (40 h), cujo valor seja igual ou superior a 400 ppm por volume.
- Classe B (alta toxicidade): fluidos frigoríficos com concentração média aferida, sem efeitos adversos para quase todos os trabalhadores que possam estar expostos diariamente num dia normal de trabalho (8 h) e uma semana (40 h), cujo valor seja inferior a 400 ppm por volume.

Para a classificação da inflamabilidade, os fluidos frigoríficos são determinados para uma das três classes 1,2 ou 3, baseados em testes de combustão e inflamabilidade.

Quadro 1: Classificação de segurança dos grupos de fluidos frigoríficos

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

Fonte: BRASIL. MMA. **Programa Brasileiro de Eliminação dos HCFCs-PBH**. Fluidos frigoríficos naturais em sistemas de refrigeração comercial. Brasília, 2015.

A escolha das substâncias naturais que podem ser inflamáveis e/ou tóxicas, é devido a maior eficiência energética, requerendo do sistema tubulações que ofereçam pureza, desempenho e confiança aos usuários e técnicos.

Para os sistemas em que a tubulação é montada na obra, por exemplo sistema split, é necessário aos profissionais que as executam, tenham o domínio das operações de montagem.

## 5 LIMITES DE SEGURANÇA PARA PRESSÃO EM TUBOS DE COBRE

Os limites de pressão para os sistemas de refrigeração e climatização são especificados pelos fabricantes dos equipamentos. Os limites de pressão de um sistema muitas vezes não são os mesmos especificados pelo fabricante do tubo (pressão máxima de trabalho do tubo) que está sendo utilizado para fazer a interligação entre as unidades. Assim, recomenda-se seguir os limites determinados pelo fabricante.

Quando se quer pressurizar um sistema, não se deve considerar apenas os tubos, mas todos os componentes do sistema. É certo que o fabricante determinou a pressão máxima de teste em relação ao componente que suporta a menor pressão do sistema.

O gás utilizado para pressurizar os sistemas de refrigeração e climatização deve ser seco e inerte, portanto, não reage quimicamente em contato com outras substâncias presentes no sistema, para evitar explosões.

Para os testes de resistência mecânica dos tubos e juntas, os fabricantes determinam um certo valor de pressão em um determinado tempo. Para os testes de vazamento deve-se utilizar misturas de gases que seja de fácil detecção.

## **6 PREPARAÇÃO DOS TUBOS PARA UNIÃO ROSCADAS E BRASADAS**

Para realizar as uniões roscadas e brasadas é necessário atentar para procedimentos que garantam a qualidade da operação.

### **6.1 Procedimentos para corte**

O tubo a ser cortado não deve estar empenado (torto) nem ovalizado, e, sim, o mais reto possível para que não se dificulte a confecção dos flanges, a passagem das porcas e do fluido frigorífico.

Para realizar o corte dos tubos necessita-se de ferramentas que façam o corte o mais alinhado possível e que não danifique o tubo, não deixando cortes paralelos ou amassados que comprometam a execução dos flanges e bolsas, ou até mesmo a resistência mecânica do material.

### **6.2 Procedimentos para escareamento**

Quando se realiza o corte dos tubos, geralmente o diâmetro interno do tubo fica menor por causa do surgimento da rebarba. Para que isso não interfira no desempenho do sistema, é recomendada a retirada (escareamento) da rebarba com ferramentas apropriadas.

### **6.3. Procedimentos para expansão dos tubos**

Deve se usar ferramentas que favoreçam os limites de folga de 0,05 mm a 0,18 mm entre as peças, priorizando a capilaridade do metal de adição por completo.

### **6.4. Procedimentos para flangeamento**

No flangeador convencional, o tubo é preso à base e fixado em suas paredes por anéis espaçados um do outro que se introduzem na parede do tubo, não permitindo a sua movimentação; a ponta cônica vai sendo introduzida no tubo concentricamente à medida que se gira o parafuso, formando, assim, o flange.

No flangeador excêntrico, o tubo é preso à base da mesma maneira que no convencional. A diferença está somente na conformação do flange: sua ponta cônica gira fora de centro em relação ao tubo, dando melhor acabamento e conformação.

Nesse flangeador é integrado um torquímetro, que, ao atingir o torque estabelecido, a borboleta do parafuso do grampo (alavanca) escorrega deixando de transferir o movimento para o parafuso, indicando que atingiu o limite de torque. Esse limite é para evitar o forjamento (endurecimento) da parede do flange contra a parede da base; quando a parede do flange é muito forçada contra a parede da base, o escoamento do material é limitado.

Uma vez que o escoamento da parede do flange limitado dificulta a vedação do tubo com o *niple* união, o ideal é que o material escoe no momento do aperto, aumentando a área de contato das partes cônicas entre o tubo e o *niple*, garantindo a vedação.

Os flanges não podem estar com as extremidades trincadas ou partidas como também enroladas, criando um ressalto, limitando a área de contato com o *niple*.

### 6.5. Curvamento de tubo de cobre

As curvas dos tubos devem ser feitas com o uso de ferramentas apropriadas para evitar que estas fiquem estranguladas ou enrugadas, aumentando a perda de carga na tubulação.

A ferramenta mais comum para fazer as curvas em tubos de cobre são os curvadores

## 7 PROCESSOS DE BRASAGEM

A brasagem é o processo pelo qual são realizadas as uniões metálicas por meio da fusão do metal de adição, sem, no entanto, fundir o metal base. É classificada em solda branda e solda forte.

A solda branda assemelha-se muito à brasagem, diferenciando-se pela menor resistência mecânica e pela temperatura de trabalho do metal de adição ser inferior a 450°C.

A solda forte, também denominada de brasagem, é o processo pelo qual os metais de adição se fundem a uma temperatura menor que as do metal base e acima de 450°C.

No processo de brasagem, na área de refrigeração como um todo, é importante conhecer o metal de adição e a fonte de calor aplicados no processo.

Por exemplo, para a solda fraca é utilizado o metal de adição de chumbo e estanho, e a fonte de calor é de uma resistência elétrica (ferro de solda); já para a brasagem, o metal de adição pode ser de cobre fosforoso ou liga de cobre mais prata, e a fonte de calor é proveniente da combustão, conjunto oxiacetileno.

Para a formação da brasagem deve ocorrer a combinação de três fenômenos físicos: umectação, capilaridade e difusão molecular.

Umectação é a capacidade que o metal de adição na fase líquida tem de umectar um sólido (metal base).

Para ocorrer a umectação, é preciso que existam entre as superfícies da junta:

- Compatibilidade entre o metal de adição e o metal base;
- Limpeza, sem qualquer vestígio de óleo, graxa, gordura e óxidos;

- Temperatura: aquecer uniformemente a junta de maneira que o metal de adição, ao tocar o metal base, se funda e flua por toda a superfície da junta.

Capilaridade é um conjunto de fenômenos físicos que promove a penetração do metal de adição entre as superfícies da junta. Para que o metal de adição preencha os vazios entre as superfícies a serem brasadas, é necessário obedecer ao intervalo de folga preestabelecido entre as superfícies, que é de 0,05 mm a 0,18 mm.

Na confecção da bolsa, por exemplo, é importante usar uma ferramenta que permita essa folga. Se a folga ficar menor, a junta não será preenchida por completo, pois o material de adição terá resistência para fluir; caso fique maior, formará bolhas de gás e óxidos na poça de fusão, comprometendo a qualidade do trabalho.

A difusão molecular ocorre quando há o aquecimento da peça e as moléculas se afastam uma da outra, facilitando a penetração do metal de adição entre essas moléculas. Quando ocorre o resfriamento da peça, as moléculas se atraem aprisionando o metal de adição, criando aderência entre o metal base e o metal de adição. Esse fenômeno só ocorre com uma temperatura acima de 450°C.

### 7.1 Metais de adição

O metal de adição (vareta de solda) é o metal que se funde preenchendo o espaço entre as superfícies do metal base a serem unidas, que podem ser de cobre com cobre, cobre com latão, cobre com ferro etc.

Para união dos tubos utilizados nos sistemas de refrigeração e climatização, os metais de adição mais usados são de: foscooper, silfoscooper e prata.

Foscooper é uma liga de cobre com fósforo utilizada na união cobre com cobre; não é necessário o uso de fluxo, porém as superfícies devem ser limpas (livre de óleos e graxas) e lixadas, a fim de eliminar os óxidos.

É desaconselhável o uso de foscooper em tubulações sujeitas a vibrações ou que trabalhem com temperaturas acima de 100°C.

Silfoscooper é uma liga de cobre, fosforo e prata. São comercializadas ligas silfoscooper com 2%, 5% e 15% de prata. Quanto maior o teor de prata, maior será a resistência das uniões a vibrações e tensões. Essa liga não é indicada para a brasagem de ferro, níquel e aço.

Para uniões de cobre com cobre, tem-se:

- Silfoscooper com 2% de prata: é indicada para a brasagem de tubos com o diâmetro de ½" até 1".
- Silfoscooper com 5% de prata: é indicada para brasagem de tubos com o diâmetro de 1" até 2".
- Silfoscooper com 15% de prata: é indicada para brasagem de tubos com o diâmetro acima de 2".

A silfoscoper é recomendada também para a brasagem dos tubos dos compressores, tubo de sucção, descarga e serviço. Os tubos são de aço banhados de cobre, e essas uniões estão sujeitas a vibrações e tensões.

As varetas de foscooper e silfoscooper dispensam o uso de fluxo, pois o fósforo faz com que essas ligas sejam autofluxantes. No entanto, quando for realizada a brasagem de latão ou bronze, será necessário o uso de fluxo.

Foscooper e silfoscooper não devem ser usadas em tubulações expostas a agentes químicos derivados de enxofre, pois haverá reação com o fósforo e rápida degradação da junta.

A solda prata permite a união da maioria dos metais ferrosos e não ferrosos, com exceção do magnésio e alumínio ou de metais com ponto de fusão abaixo de 800°C. Podem ser também soldados aço, aço inoxidável, aço galvanizado e aço cobreado.

A solda prata, por apresentar alta resistência a vibrações e tensões, é indicada para brasagem dos tubos de processos dos compressores, separadores de líquido que são de aço cobreado ou somente de aço. Nos casos em que o diâmetro da tubulação for acima de ½" e sujeita a vibrações e altas temperaturas, dar preferência para a vareta de solda prata mesmo que a junta seja de cobre com cobre.

Nas juntas em que se utilizar solda prata deve-se usar o fluxo para a eliminação dos óxidos e quebrar as tensões superficiais do líquido (vareta fundida), facilitando a umectação da junta.

São comercializadas, por exemplo, as varetas com 15%, 25%, 40% e 56% de prata; na composição dessa liga não é utilizado o fósforo.

As varetas devem ser acondicionadas em embalagens para evitar óxidos e contaminação com óleo, graxas etc.

São características comuns a todos os metais de adição:

- Temperatura de fusão adequada;
- Boa molhabilidade (umectação);
- Boa fluidez para assumir o lugar do fluxo na junta;
- Propriedades mecânicas compatíveis com a aplicação.

### **7.2 Preparação do tubo**

A preparação dos tubos para brasagem é feita para que as superfícies dos tubos fiquem isentas de graxas, óleos e óxidos.

Deve-se evitar o lixamento do tubo macho no sentido circular e que os riscos fiquem profundos, dificultando a fluidez do metal de adição. Por esse motivo, é recomendado o uso da espoja abrasiva: quanto mais liso o tubo ficar, melhor será a fluidez (umectação).

Quando o metal de adição for a vareta de prata, deve ser aplicado o fluxo sobre as superfícies a serem brasadas.

É recomendado que a aplicação do fluxo nos tubos seja feita com um pincel ou com a própria vareta de solda. O fluxo pode ser aplicado antes ou durante

o aquecimento. Deve-se evitar o excesso de fluxo, pois o excesso ficará dentro da tubulação e contaminará todo o sistema de refrigeração. O metal de adição substituirá o fluxo, removendo-o para fora da junta.

### **7.3 Fluxo**

O fluxo é um decapante químico que ajuda na remoção de incrustações que impedem a fixação do material de adição no metal de base.

Os fluxos impedem a formação de óxidos durante o aquecimento; diminuem a tensão superficial do metal de adição na fase líquida, favorecendo a fluidez; indicam a temperatura de fusão do metal de adição, isto é, quando tiverem a mesma temperatura de fusão; e protegem a poça de fusão.

Para eliminar os contaminantes e óxidos, aplica-se o fluxo para dissolver qualquer resquício de óxido metálico que tenha ficado nas superfícies. Em seguida, aquece-se uniformemente a área a ser soldada até que o fluxo atinja a temperatura de fusão e que o metal de base esteja na temperatura de fusão do metal de adição.

Como o metal de adição tem fluidez maior do que a do fluxo, o metal de adição desloca o fluxo para as extremidades da junta, o qual deve ser removido após o resfriamento, pois é quimicamente agressivo e pode causar corrosão.

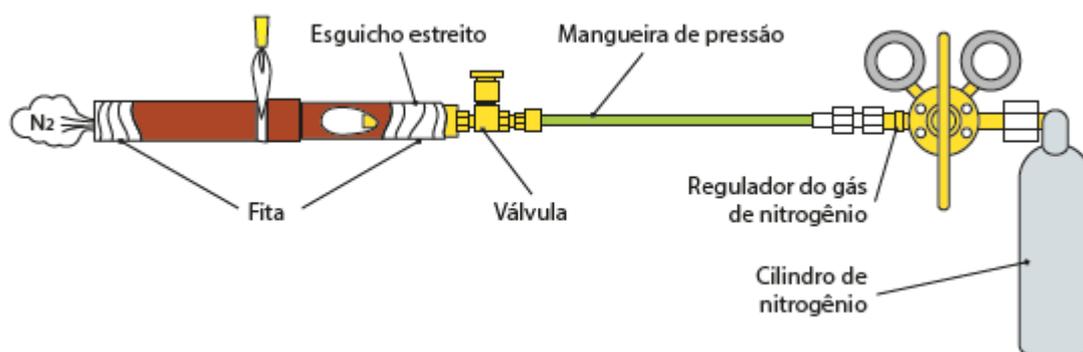
É importante que em todos os processos de brasagem o tubo não seja aquecido por muito tempo, pois esse procedimento causa a liquação e a volatilização do metal mais fusível, comprometendo, assim, a qualidade da brasagem enfraquecendo a tubulação.

## **8. BRASAGEM COM APLICAÇÃO DO NITROGÊNIO**

No processo de brasagem ocorre a formação de óxido de cobre (carepa, fuligem), que se torna contaminante quando o oxigênio entra em contato com o cobre em alta temperatura.

Para evitar a formação de carepas, um gás inerte (nitrogênio seco) deve circular pelos tubos a serem soldados em uma pressão que pode variar de 1 psi a 3 psi.

Figura 1 – Circulação do nitrogênio



Fonte: Acervo SENAI-SP, 2018.

A carepa, em contato com o fluido refrigerante, o óleo lubrificante e a umidade, leva à formação de ácidos que provocam corrosão. O principal material a ser atacado é o cobre da tubulação, que irá se depositar nas partes mais quentes do sistema, o pistão e a placa de válvulas, causando o fenômeno chamado plaqueamento de cobre.

Todo esse problema é evitado quando a solda é feita com atmosfera modificada.

Uma junta soldada com circulação de nitrogênio e outra soldada sem circulação de nitrogênio, para comparação.

Figura 2 - Solda com nitrogênio (N2). Solda sem nitrogênio (N2).



Fonte: Acervo SENAI-SP, 2018.

## 9. UNIÕES MECÂNICAS

As uniões mecânicas são comercializadas nos diâmetros correspondentes aos tubos. Nesse tipo de junta deve-se respeitar as folgas limites entre o tubo e a conexão. A fixação da conexão com o tubo ocorre por prensagem. Se a folga for acima da permitida ela estará fora dos limites de segurança mesmo que os esforços manuais demostre estar seguro, não deverá ser usada.

No processo de montagem deve-se lixar o tubo no sentido circular com lixa fina, e distribuir o líquido vedante por fora da superfície do tubo correspondente ao comprimento da junta. Essencialmente a prensagem deve ser realizada com a ferramenta apropriada.

Recomenda-se fazer o teste de destanqueidade após a realização das conexões.

## 10 CONCLUSÕES

Com a utilização das técnicas de montagem das tubulações frigoríficas haverá a redução da quebra de compressores e a redução significativa do entupimento dos dispositivos de expansão, provocados por óxido de cobre formado nos processos de brasagem sem circulação de nitrogênio.

Para a conservação do meio ambiente é necessário que os profissionais refrigeristas conheçam e apliquem as boas práticas no uso do cobre em sistemas de refrigeração e climatização, como já preconizada.

Os refrigeristas, dispendo-se das boas práticas em projetar e montar tubulações que favoreçam o desempenho frigorífico dos sistemas, a segurança dos usuários, operadores e mantenedores, com o uso dos mais variados tipos de fluidos frigoríficos, contribuem para a eficiência energética, o bem estar da sociedade e o desenvolvimento econômico.

## AGRADECIMENTOS

Meus agradecimentos ao Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial - SENAI e ao Instituto Brasileiro do Cobre - ProCobre.

## REFERÊNCIAS

ABRAVA. **RENABRAVA 5**: Guia para uso e aplicação dos fluidos frigoríficos. Disponível em: <<http://abrava.com.br/wp-content/uploads/2017/04/170406-R3-REABRAVA-5-Flu%C3%ADdos-Frigor%C3%ADficos-Seguranca.pdf>>. Acesso em: 29 ago. 2017.

ASSOCIACAO BRASILEIRA DE NORMAS TECNICAS (ABNT). **NBR 7541**: tubo de cobre sem costura para refrigeracao e ar-condicionado: requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

\_\_\_\_\_. **NBR 11720**: conexões para união de tubos de cobre por soldagem ou brasagem capilar: requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2010.

## Boas Práticas no Uso do Cobre em Sistemas de Refrigeração e Climatização

\_\_\_\_\_. **NBR 13206**: tubo de cobre leve, médio e pesado, sem costura, para condução de fluidos: requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2010.

\_\_\_\_\_. **NBR 13598**: vasos de pressão para refrigeração. Rio de Janeiro: ABNT, 2011.

\_\_\_\_\_. **NBR 16035-2**: caldeiras e vasos de pressão: requisitos mínimos para a construção. Parte 2: conforme ASME Code, Section I. Rio de Janeiro: ABNT, 2012.

\_\_\_\_\_. **NBR 16035-3**: caldeiras e vasos de pressão: requisitos mínimos para a construção. Parte 3: conforme ASME Code, Section VIII, Division 1. Rio de Janeiro: ABNT, 2012.

\_\_\_\_\_. **NBR 16035-4**: caldeiras e vasos de pressão: requisitos mínimos para a construção. Parte 4: conforme ASME Code, Section VIII, Division 2. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

\_\_\_\_\_. **NBR 16035-5**: caldeiras e vasos de pressão: requisitos mínimos para a construção. Parte 5: vasos de pressão não sujeitos a chama: padrão europeu. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Orientações para uso seguro de fluidos frigoríficos**: hidrocarbonetos. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2015.

\_\_\_\_\_. Ministério do Meio Ambiente. **Programa Brasileiro de Eliminação dos HCFCs-PBH**: fluidos frigoríficos naturais em sistemas de refrigeração comercial. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2015.

HARRIS PRODUCTS GROUP. **Programa de treinamento Harris**: brasagem. São Paulo, s.d.

MARQUES, José de Jesus Amaral. **Boas práticas no uso do cobre em sistemas de refrigeração e climatização**. São Paulo, SENAI-SP Editora, 2018.

MILLER, Rex; MILLER, Mark R. **Ar condicionado e refrigeração**. Rio de Janeiro: LTC, 2014. 565 p.

MONTEIRO, Victor. **Refrigeração I**: técnicas e competências ambientais, bases e fundamentos. Lisboa: ETEP, 2016, v. 1.

TELLES, Pedro Carlos da Silva. **Tubulações industriais**: materiais, projeto e montagem. Rio de Janeiro: LTC, 1994.

VAN VLACK, Lawrence H. **Princípios de ciência dos materiais**. São Paulo: Edgard Blucher, 2000.