

Sizing the diameters of the ammonia pipes of the air coolers in a chicken freezing tunnel of Santa Izabel do Pará / PA

Dimensionamento dos diâmetros das tubulações de amônia dos resfriadores de ar de um túnel de congelamento de aves de Santa Izabel do Pará/PA

article Info:

Article history: Received 2022-01-11 / Accepted 2022-03-20 / Available online 2022-03-23

doi: 10.18540/jcecv18iss2pp14039-01e

Marcos Duran Pereira

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8109-5053>

Universidade Federal do Paraná, Brazil

E-mail: marcos.duran@ufpr.br

Antônio Marcos de Oliveira Siqueira

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7088-3211>

Federal University of Viçosa, Brazil

E-mail: antonio.siqueira@ufv.br

Resumo

O trabalho teve como objetivos dimensionar os diâmetros das tubulações de amônia de sucção úmida, líquido bombeado, gás quente para degelo e retorno do degelo dos resfriadores de ar de um túnel de congelamento de aves com capacidade de trinta e cinco toneladas, localizado na cidade de Santa Izabel do Pará/PA e comparar com os resultados obtidos no *software* de seleção da empresa Danfoss chamado Coolselector2 e com os próprios diâmetros existentes no túnel de congelamento em estudo. O trabalho tem relevância porque é importante o adequado dimensionamento das tubulações de amônia em instalações frigoríficas industriais, evitando-se o desperdício financeiro de se superdimensionar e evitar a redução de eficiência da instalação frigorífica industrial através do subdimensionamento. Como resultados, observou-se que, para as tubulações de cada equipamento, há uma tendência do diâmetro dos resfriadores existentes serem menores do que o calculado e o selecionado no *software* e, para os coletores gerais, observou-se que o diâmetro calculado tende a ser menor que os demais (*software* e existente).

Palavras-chave: Diâmetros. Refrigeração Industrial. Resfriadores de Ar. Tubulações.

Abstract

This article aimed to dimension the diameters of the wet suction ammonia pipes, pumped liquid, hot gas for defrosting and the defrost return of the air coolers of a 35-ton poultry freezing tunnel, located in the city of Santa Izabel from Pará / PA and compare with the results obtained in the Danfoss selection software called Coolselector2 and also with the diameters existing in the freezing tunnel under study. The work is relevant because the adequate dimensioning of the ammonia pipes in industrial refrigeration facilities is important, avoiding the financial waste of oversizing and also avoiding the reduction of efficiency of the industrial refrigeration facility, through the under sizing. As a result, it was observed that, for the pipes of each equipment, there is a tendency for the diameter of the existing coolers to be smaller than that calculated and selected in the software, and for general collectors, it was observed that the calculated diameter tends to be smaller than the others (software and existing)

Keywords: Air Coolers. Diameters. Industrial Refrigeration. Pipes.

1. Introdução

As tubulações são utilizadas para transportar o fluido refrigerante durante o percurso do ciclo de refrigeração industrial, sofrendo variadas transformações de propriedades ao passar pelos componentes, tais como os trocadores de calor (SLEWINSKI, 2016; TOIGO, 2013).

Baseado em Telles (2013), para o cálculo do diâmetro das tubulações, cada tubulação deve ser considerada como um elemento hidráulico, com a capacidade de escoar uma determinada vazão de um fluido de um ponto a outro.

As linhas de amônia precisam ser determinadas levando-se em consideração o tipo de fluido refrigerante, a pressão do refrigerante em cada linha, a vazão e perda de carga, não esquecendo de se analisar o número de Reynolds, mesmo que sejam formadas provavelmente por um regime turbulento (MERTIN, 2018).

Na indústria de refrigeração industrial de grande porte, é usual a aplicação de tubulações de aço carbono em detrimento das tubulações de cobre, utilizadas na refrigeração doméstica e comercial. Isso se deve ao fato dos materiais contendo cobre serem atacados pela amônia, causando corrosões (BALTIMORE AIR COIL, 2014).

Segundo Stoecker e Jabardo (2018), há uma preocupação, de maneira geral, em relação ao dimensionamento das linhas de amônia, em que o subdimensionamento pode comprometer a eficiência da instalação frigorífica industrial e o superdimensionamento acarreta desperdício econômico, sendo, portanto, estas as justificativas deste trabalho.

Como objetivos deste trabalho, têm-se o de calcular o diâmetro das tubulações de amônia dos resfriadores de ar (também chamados de evaporadores) de um túnel de congelamento de aves, localizado na cidade de Santa Izabel do Pará/PA e comparar com os resultados obtidos em um *software* de seleção e com os diâmetros existentes neste mesmo túnel de congelamento.

2. Materiais e Métodos

A estratégia que se adotou para poder executar este trabalho consistiu de uma pesquisa de campo, na qual se visitou um abatedouro de aves da cidade de Santa Izabel do Pará/PA e foram coletados dados de capacidade, dimensões e características construtivas dos resfriadores de ar de túnel de congelamento de aves para poder comparar estes dados reais existentes com os cálculos realizados com base na carga térmica durante o trabalho. Adicionalmente, fez-se as comparações dos resultados obtidos com o *software* Coolselector2 da Danfoss. Neste trabalho, se desconsiderou inicialmente a perda de carga nas tubulações.

Além disso, este trabalho analisou alguns livros da categoria de refrigeração industrial, se tratando, portanto, de uma pesquisa bibliográfica exploratória.

3. Resultados e Discussão

Após a realização das visitas, foram realizados registros fotográficos do túnel de congelamento de aves em estudo que possui quatro resfriadores de ar que ficam posicionados na parte lateral superior do ambiente, conforme Figura 1. Os demais componentes que compõem o ciclo frigorífico não foram considerados, a saber: compressores, condensadores, vasos de pressão, válvulas, isolamentos, entre outros (IIAR, 2014).



Figura 1 - Resfriadores de ar no interior do túnel de congelamento de aves.

Adicionalmente, foram feitas representações geométricas iniciais de cada um dos quatro evaporadores existentes no túnel de congelamento, com suas respectivas dimensões nas vistas frontal, lateral e superior, através do *software* Autocad, conforme Figura 2.

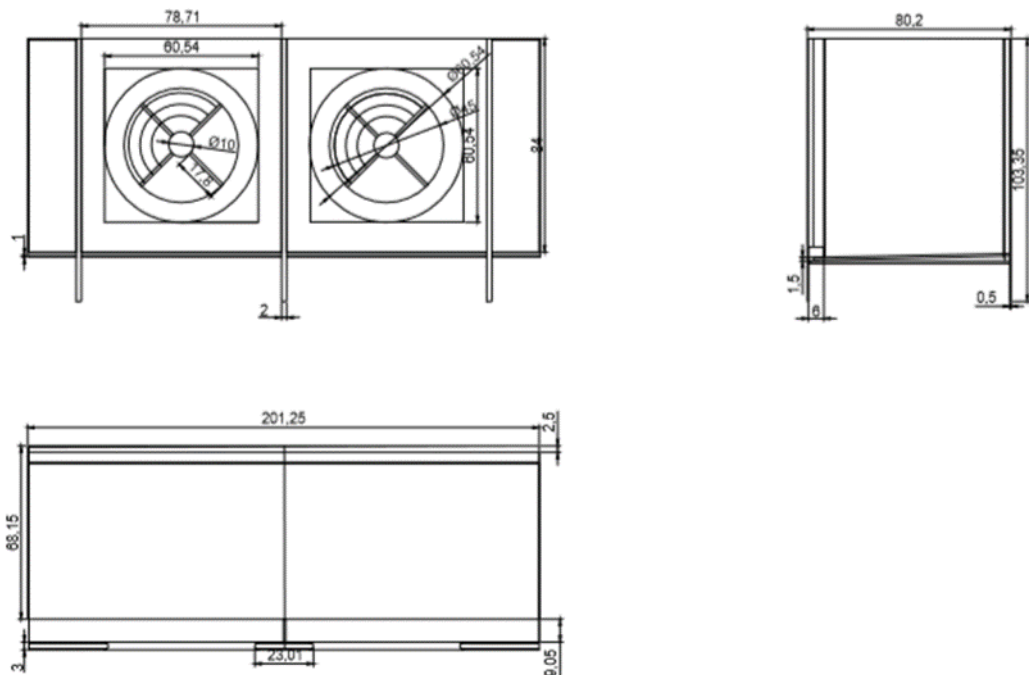


Figura 2 - Vistas frontal, lateral e superior de cada resfriador de ar.

Posteriormente, teve-se acesso às informações técnicas sobre a forma construtiva e dados de capacidade dos resfriadores de ar, através do fabricante Güntner do Brasil, conforme Figura 3.

Evaporador	S-MAN 090.1E/212-WHJ/14P	S=Bloco especial e motor WEG+Hélices	
Capacidade:	99.1 kW	Refrigerante:	NH3 (R717)
Reserva de superfície:	-0.0 %	Temperatura de evaporação:	-30.0 °C
Fluxo de ar:	70000 m³/h @ 85 Pa Pext	Taxa de alimentação (bomba):	4.0
Temperatura do Ar:	-23.0 °C ⁽¹⁾		
Umidade relativa:	95 %		
Pressão do Ar:	1013 mbar		
Ventiladores:	2 Peça(s) 3~400V 60HzY/(--)	Diâmetro do ventilador:	900 mm
Dados por motor (dados nominais):		Nível de pressão de ruído:	69 dB(A)
Velocidade:	1750 min-1	a uma distância de:	3.0 m
Potência:	7.5 hp mecânico		
Carenagem:	Aço galvanizado, Pintura Epóxi sinal branco	Tubos:	Aço inoxidável AISI 304 ⁽³⁾
Superfície:	491.4 m²	Aletas:	Alumínio ⁽²⁾
Volume do tubo:	231.1 l	Conexão de entrada:	1" NPS (33.40 mm)
Espaçamento das aletas:	12.00 mm	Conexão de saída:	2 1/2" NPS (73.03 mm)
Peso seco:	996 kg ⁽⁴⁾		
Pressão máx. de operação:	32.0 bar		
Dimensões::			

L = 3996 mm
B = 1264 mm
H = 1795 mm

Atenção: Desenhos e dimensões não são válidos para todas as opções de acessórios!

Acessórios	Peça(s)
Degelo por gás quente na serpentina e na bandeja	1
Degelo por água	1
Bandeja dupla isolada	

Figura 3 - Dados técnicos de cada resfriador de ar do túnel de congelamento.

São quatro evaporadores existentes neste túnel de congelamento e cada um com capacidade de 99,1 kw (85.210,6621 kcal/h), totalizando 396,4000 kw (340.842,6483 kcal/h). Evaporação de -30°C.

Conforme Loncan (2019), foram calculadas as seguintes tubulações:

- Sucção úmida;
- Líquido bombeado;
- Gás quente para degelo;
- Retorno do degelo.

3.1 Tubulações de sucção úmida

Conforme Loncan (2019), com a carga térmica individual de cada evaporador de 85.210,6621 kcal/h e evaporação de -30°C, chega-se a uma tubulação com diâmetro comercial de 4" (sempre que a linha horizontal no diagrama de Pohlmann ficar entre duas bitolas na ordenada, opta-se pelo maior diâmetro). Repetindo o procedimento para os quatro evaporadores como um todo, ou seja, tendo-se a carga térmica total de 340.842,6483 kcal/h e verificando-se pela página 371 do livro do Loncan, se chega a um diâmetro de tubulação comercial de 6".

Utilizando o *software* Coolselector2 para um cálculo mais preciso, encontra-se a tubulação de 3" para cada evaporador. Para a carga térmica total, encontra-se o diâmetro de tubulação do coletor geral de 8".

A tubulação real existente da linha de sucção úmida de cada resfriador de ar no túnel de congelamento é de 2 1/2" e a geral é 8".

3.2 Tubulações de líquido bombeado

Baseado em Loncan (2019), com a carga térmica individual de cada evaporador de 85.210,6621 kcal/h e evaporação de -30°C , multiplicou-se por 4 (índice de recirculação) e chegou-se a uma carga térmica individual de 340.842,6484 e geral de 1.363.370,594 kcal/h. Conferindo-se a reta da linha de líquido do recipiente até a válvula de expansão (1) de Loncan (2019), encontra-se $\frac{3}{4}$ " cada evaporador individualmente e $1\frac{1}{2}$ " geral.

Utilizando o *software* Coolselector2 para um cálculo mais preciso, encontra-se a tubulação de $1\frac{1}{2}$ " para cada evaporador. Para a carga térmica total, encontra-se o diâmetro de tubulação do coletor geral de 4".

A tubulação real existente da linha de líquido bombeado de cada resfriador de ar no túnel de congelamento é de 1" e a geral é 4".

3.3 Gás quente para degelo

Segundo Loncan (2019), deve-se multiplicar a carga térmica por 2 individualmente e também no total. No caso, ficaria individualmente 170.421,3242 kcal/h e no geral 681.685,2968 kcal/h. Indo na tabela da página 371, na linha de descarga encontra-se $1\frac{1}{2}$ " no individual e 4" no coletor geral.

Utilizando o *software* Coolselector2 para um cálculo mais preciso, encontra-se a tubulação de 2" para cada evaporador. Para a carga térmica total, encontra-se o diâmetro de tubulação do coletor geral de 4".

A tubulação real existente da linha de gás quente para degelo de cada resfriador de ar no túnel de congelamento é de 2" e a geral é 3".

3.4 Retorno do degelo

Baseado em Loncan (2019), por se tratar de uma tubulação curta que liga a tubulação de alimentação de líquido com a sucção úmida para descarregar o condensado que resulta do gás quente utilizado no degelo, não há preocupação com perda de carga, pois ocorre um salto de pressão na mesma. Geralmente utiliza-se a bitola da válvula de regulagem da pressão de degelo. No caso, foi selecionada uma válvula OFV-25-1", então a tubulação também é de 1".

A velocidade do gás quente (amônia em estado de vapor) é importante, pois o seu respectivo fluxo é cerca de o dobro da massa de amônia utilizada para a refrigeração (amônia em estado líquido) (REF-WIKI, 2020).

O *software* Coolselector2 não possui simulação disponível para a linha de retorno de degelo para se fazer uma comparação.

A tubulação real existente da linha de retorno de degelo é 2".

Utilizando o *software* Autocad, fez-se a representação geométrica dos diâmetros de tubulações calculadas durante este trabalho, conforme Figura 4.

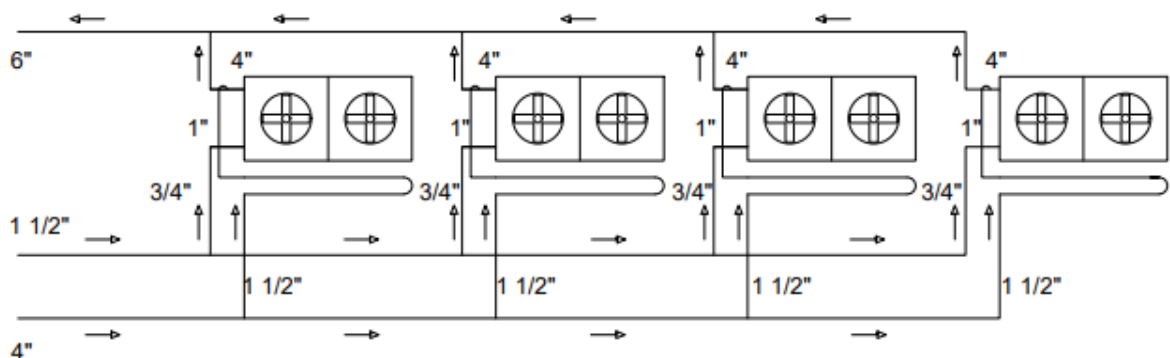


Figura 4 - Representação geométrica dos diâmetros de tubulação calculados.

3.5 Comparação dos diâmetros de tubulação

Após se calcular os diâmetros de tubulações dos resfriadores de ar, fez-se a Tabela 1, comparando os valores calculados em relação ao *software* e ao que se tem como existente no túnel de congelamento de cada resfriador de ar, em que se observa uma tendência do diâmetro dos resfriadores existentes serem menores do que o calculado e o selecionado no *software*.

Tabela 1 - Comparação dos diâmetros de cada resfriador de ar.

Comparação dos diâmetros de cada resfriador de ar			
LINHA DE TUBULAÇÃO	DIÂMETRO CALCULADO	DIÂMETRO SELECIONADO NO SOFTWARE	DIÂMETRO EXISTENTE
SUCÇÃO ÚMIDA	4"	3"	2 1/2"
LÍQUIDO BOMBEADO	3/4"	1 1/2"	1"
GÁS QUENTE PARA DEGELO	1 1/2"	2"	2"
RETORNO DO DEGELO	2"	-	2"

Adicionalmente, fez-se a Tabela 2, com a comparação dos coletores gerais em relação aos diâmetros calculados neste trabalho, selecionados no *software* e existentes no túnel de congelamento, em que se observa que o diâmetro calculado tende a ser menor que os demais. Isso pode ser explicado porque possivelmente o projetista desconsiderou o fator de segurança que há nas tabelas de seleção e *softwares* para minimizar eventuais problemas de operação (EMERSON, 2022; FUPAI, 2005).

Tabela 2 - Comparação dos diâmetros dos coletores gerais dos resfriadores de ar.

Comparação dos diâmetros dos coletores gerais dos resfriadores de ar			
LINHA DE TUBULAÇÃO	DIÂMETRO CALCULADO	DIÂMETRO SELECIONADO NO SOFTWARE	DIÂMETRO EXISTENTE
SUCÇÃO ÚMIDA	6"	8"	8"
LÍQUIDO BOMBEADO	3"	4"	4"
GÁS QUENTE PARA DEGELO	4"	4"	3"
RETORNO DO DEGELO	-	-	-

Essa desconsideração pelo fator de segurança não é comum, pois normalmente se adota uma preocupação conservadora em relação ao dimensionamento, tendo em vista que os benefícios econômicos de se utilizar diâmetros de tubulações menores do que o indicado são muito menores do que o risco de ter-se problemas de operação, assim como também desconsiderar um correto dimensionamento e aplicação do isolamento térmico das tubulações (LOPES, 20007; MOROSI, 2015).

4. Considerações Finais

Após dimensionar os diâmetros das tubulações de amônia de sucção úmida, líquido bombeado, gás quente para degelo e retorno do degelo dos resfriadores de ar no túnel de congelamento estudado, comparando-se o cálculo realizado no passo a passo, pelo *software* Coolselector2 e as tubulações existentes, os resultados demonstraram que há uma propensão dos diâmetros referentes aos evaporadores reais serem menores do que em relação ao cálculo passo a

passo e ao *software*. Além disso, constatou-se que os diâmetros dos coletores gerais dimensionados pelo passo a passo foram menores que os outros.

Como oportunidades de futuras pesquisas, tem-se a intenção de realizar uma análise da perda de carga nas tubulações de amônia desta instalação e desenvolver simulações de diferentes arranjos, buscando uma otimização para o escoamento do fluido refrigerante.

Referências

- Colselector2 versão 3.8.4. *Danfoss*, 1990 – 2020.
- Emerson (2022). *Refrigeration Piping Data Manual*. Manufactures of industrial refrigeration and gas compression equipment.
- FUPAI (2005). *Eficiência Energética em Sistemas de Refrigeração Industrial e Comercial*. Rio de Janeiro: Eletrobrás.
- Güntner. Disponível em: <<http://www.guentner.com.br/produtos/evaporadorresfriador-de-ar/>> Acesso em: 18 out. de 2020.
- IIAR – International Institute of Ammonia Refrigeration (2014). *Identification of Ammonia Refrigeration Piping and System Components*, Alexandria.
- Loncan, P. (2019). *Projeto de instalações frigoríficas*. Porto Alegre: Editora da UFRGS.
- Lopes, M. A (2007). *Projeto e simulação de resfriadores de líquidos*. Dissertação de mestrado em Engenharia Mecânica, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Mertin, L. H. (2018). *Comparação entre o sistema teórico de refrigeração por compressão de vapor de amônia e o sistema teórico de absorção de amônia no arrefecimento de óleo lubrificante de compressores a parafuso*. Monografia (trabalho de conclusão de curso de graduação em Engenharia Mecânica), Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Pato Branco/PR.
- Morosi, M. G. (2015). *Estudo e Análise de Sistemas de Refrigeração Industrial Integrados a Plantas de Processo Químico*. Monografia (trabalho de conclusão de curso graduação em Engenharia Mecânica), Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Guaratinguetá/SP.
- Ref-Wiki (2020). *Choosing a size pipes*. Industrial refrigeration equipment.
- Slewinski, A. (2016). *Construção, critérios de dimensionamento e gerenciamento de uma bancada didática de refrigeração industrial multipressão*. Monografia (trabalho de conclusão de curso de graduação em Engenharia Mecânica), Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Cornélio Procópio.
- Stoecker, W. F.; Jabardo, J. M. S. (2018). *Refrigeração industrial*. 3ª edição. São Paulo: Blucher.
- Telles, P. C. S. (2013). *Tubulações industriais: cálculo*. 9ª edição. Rio de Janeiro: LTC.
- Toigo, E. (2013). *Desenvolvimento do projeto de uma bancada didática de refrigeração por compressão de vapor*. Monografia (trabalho de conclusão de curso graduação em Engenharia Mecânica), Universidade de Caxias do Sul, Caxias do Sul/RS.