

# **AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DOS MANOMETROS DE UM EVAPORADOR FROST-FREE PARA MELHORIAS EM UM PROJETO DE UM CICLO DE REFRIGERAÇÃO**

*Eduardo Goncalves de Oliveira<sup>1</sup>*

*Caio Cezar Neves Pimenta<sup>2</sup>*

## **RESUMO**

A essência primordial, desse artigo é conhecer e fazer a aplicação de um dos instrumentos mais importantes que interferem na medição de condições específicas em diferentes processos, o manômetro. A utilização de instrumentos medidores de pressão, como manômetro é extremamente necessários na sociedade moderna, seja à aplicação destes instrumentos em indústrias, construções ou estudos científicos. Tem equipamentos de diferentes tipos tais como: manômetro piezométrico, tubo em U, mecânico ou elétrico, manômetro de Bourdon e barômetro aneróide. Os manômetros e os pressostatos estão entre os instrumentos, utilizados com maior frequência em uma fábrica. No entanto, por causa da grande quantidade, a atenção à manutenção e à confiabilidade pode ser comprometida. Por isso, não é raro ver em fábricas mais antigas vários manômetros e pressostatos fora de serviço. Isso é lamentável, porque se uma fábrica funciona com um pressostato defeituoso, a segurança da fábrica pode ser comprometida. Por outro lado, se uma fábrica pode funcionar com segurança, enquanto um manômetro estiver com defeito, isso mostra que o manômetro nunca foi necessário. Portanto, um dos objetivos de um bom projeto de instrumentação, é instalar uma quantidade menor de manômetros e pressostatos, mas que sejam mais úteis e confiáveis. O conhecimento sobre os tipos de manômetros se faz, necessário para melhor aplicação destes, devido suas restrições.

Palavras-chave: Pressão, Manômetro, Cálculo de pressão.

---

<sup>1</sup> Graduando de Engenharia Mecânica da Universidade de Rio Verde, Faculdade de Engenharia Mecânica

<sup>2</sup> Orientador, Professor da Faculdade de Engenharia Mecânica da Universidade de Rio Verde – UNIRV

## **1. INTRODUÇÃO**

Os manômetros, surgiram pela primeira vez na ciência em meados de 1849, por Eugene Bourdon, 3 anos mais tarde, isto é, em 1852, a patente foi vendida à Edward Ashcroft, que desempenhou um papel importante na adoção da energia a vapor nos Estados (ALONSO, NUNES e ROSAS, 2016).

Na bancada de refrigeração, são utilizados manômetros capsulares, instrumentos para a medição de baixa pressão, com alta qualidade, excelente precisão e durabilidade, o primeiro manômetro foi inventado por Varignon, em 1705 e este tinha como finalidade à medição da pressão dos gases no espaço fechado. O manômetro, é o instrumento utilizado na mecânica dos fluidos para se efetuar a medição da pressão, no setor industrial existem diversos tipos e aplicações para os manômetros (RADOMSKI, GONZALEZ e FIAUX, 2012).

Para realizar esse trabalho, tem que saber os estudos sobre manometria, relatar a pressão, talvez seja a principal das grandezas a se considerar. Definida pela física, como sendo proporcional a uma determinada força que é aplicada sobre a área correspondente, quanto menor for à área de ação desta força, maior será a pressão (ROSCANI, MATSUBARA e MATSUBARA, 2010).

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 Geral**

O estudo tem por objetivo, melhorar o desempenho de um manômetro de baixa pressão para bancada de refrigeração didática, manômetros são instrumentos utilizados para medir e indicar a intensidade de pressão do ar comprimido, óleo, água, vapor e fluídos em geral. Muito utilizados nos circuitos pneumáticos e hidráulicos os manômetros, tem a função de indicar o ajuste de pressão do sistema, circuito ou maquinário.

## 2.2 Específicos

- Verificar a necessidade real de alteração, do projeto inicial da bancada de refrigeração para melhorias na parte dos manômetros;
- Identificar todos os fatores, que possivelmente irão influenciar no resultado final do cálculo de pressão da bancada;
- Identificar a vazão de ar no evaporador, tanto na entrada como na saída;
- Utilizar os parâmetros estabelecidos pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), como base para o cálculo de pressão;
- Apresentar uma proposta, que satisfaça à necessidade de alteração do projeto inicial, para atingir valores mais exatos nesse desempenho.

## 3. REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo, serão revisados os métodos disponíveis na literatura para análise de desempenho do manômetro do evaporador *frost-free*, através de vários métodos e tudo sobre os mesmos.

Para algumas grandezas hidrostáticas, tais como da mecânica, muitas vezes, o que tem de importância é a variação da mesma, ou seja, a diferença entre o valor desta grandeza em dois pontos diferentes e não o valor da grandeza em si. Um exemplo é a consideração de que a energia potencial de um corpo é:  $E_p = m \cdot g \cdot h$ , o mesmo ocorre com a pressão, em muitos fenômenos o que realmente nos interessa é a diferença entre os valores, da pressão dos dois pontos e não o valor efetivo de cada ponto. Por isso, introduzimos o conceito de pressão absoluta e pressão manométrica. (YOUNG e FREEDMAN, 2008).

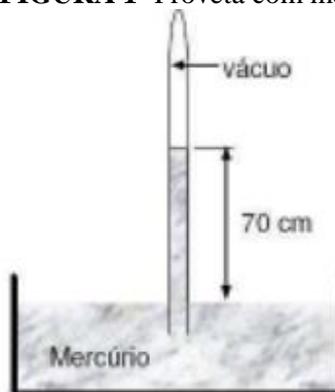
Sabemos que a instrumentação é a ciência que se ocupa em desenvolver e aplicar técnicas de medições, indicação, registro e controle no processo de transformação, visando o melhorar na eficiência dos mesmos. Essas técnicas são normalmente suportadas teoricamente em princípios físicos ou físico-químicos, utiliza-se das mais avançadas tecnologias de fabricação, para viabilizar os diversos tipos de medição variáveis industriais. Dentre essas variáveis, encontra-se a pressão cuja medição possibilita não só sua monitoração e controle, como também de outras variáveis como: nível, vazão e densidade. (TRIPLER, 1995).

### 3.1 Manometria

Às pressões, são grandezas físicas muito importantes no trabalho com fluidos, haja vista a equação fundamental da estática, que é expressa em termos de pressões e forças.

No século XVII, Torriceli executou sua conhecida e celebre experiência ao nível do mar, quando ao emborcar uma proveta cheia de mercúrio em uma cuba, o líquido fluíu da proveta para a cuba, permanecendo apenas uma coluna de 762 milímetros de altura. (RADOMSKI, GONZALEZ e FIAUX, 2012).

**FIGURA 1-** Proveta com mercúrio



Fonte: Radomski, Gonzalez e Fiaux, (2012).

A conclusão lógica era, de que se o ar atmosférico tinha peso, por conseguinte exercia pressão, e esta medida ao nível do mar, correspondia a uma coluna de mercúrio de 762 mm de altura. Este valor de pressão foi chamado, de uma atmosfera física (RADOMSKI, GONZALEZ e FIAUX, 2012).

### 3.2 Manômetro

O Manômetro é um dos instrumentos mais utilizados dentro de uma fábrica, mas, por falta de manutenção pode ser comprometido, por isso grande número de fábricas antigas tem muitos fora de serviço. Um bom projeto de instrumentação é utilizar menos manômetros, mais que sejam uteis e confiáveis. (BISTAFA, 2010).

### 3.3 Tipos de medidores de pressão

Existem vários tipos de medidores de pressão, para diferentes tipos de medidas e utilização, onde os mais comuns são os manômetros de pressão tipo coluna em "U", manômetro tipo peso morto, manômetros mecânicos, manômetro tipo diafragma e manômetro tipo Fole.

**FIGURA 2** – Manômetros padrão

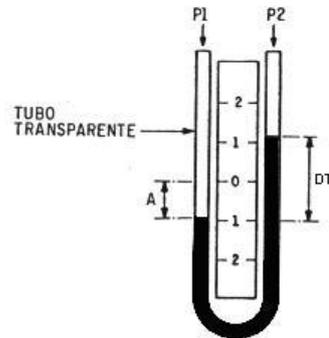


Fonte: Bistafa (2010).

É o instrumento de calibração usado mais frequentemente, é montado em uma bomba comparadora hidráulica ou pneumática e serve como padrão para o manômetro submetido à calibração.

Os manômetros padrão devem ter alta precisão, pois, são utilizados como padrão para a calibração de manômetros industriais (BISTAFA, 2010).

**FIGURA 3** – Manômetro tipo coluna em "U"



Fonte: (mecânica dos fluidos 2010).

Utilizado para calibrar medidores de pressão pequena, o uso da coluna líquida para a medição, se baseia no princípio que uma pressão aplicada suporta uma coluna líquida contra a atração gravitacional. Quanto maior a pressão, maior a coluna líquida suportada (BISTAFA, 2010).

**FIGURA 4** – Manômetro tipo Peso morto.



Fonte: Bistafa (2010).

O manômetro tipo peso morto, opera sob o princípio de se suportar um peso (força) conhecido por meio de uma pressão, agindo sobre uma área conhecida. Isso satisfaz a definição de um padrão primário baseado em massa, comprimento e tempo.

Os pesos, para um dado instrumento de teste são normalmente identificados em termos de pressão, em vez de peso (BISTAFA, 2010).

**FIGURA 5** – Manômetro mecânico.

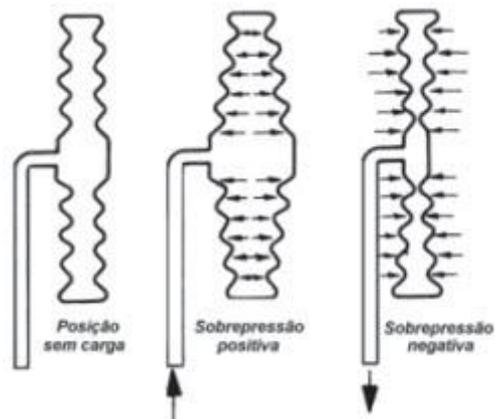


Fonte: Bistafa (2010).

A pressão é determinada pelo balanço de um sensor, contra uma força desconhecida. Isto pode ser feito por outra pressão (balanço de pressão) ou força (balanço de força).

Os sensores a balanço de força mais usados, são aqueles que requerem deformação elástica, como Bourdon, Foles e Diafragmas. Os sensores a balanço mais conhecidos são, o Manômetro de Coluna Líquida e o Detector de Peso Morto (BISTAFA, 2010).

**FIGURA 6** – Manômetro tipo Diafragma.



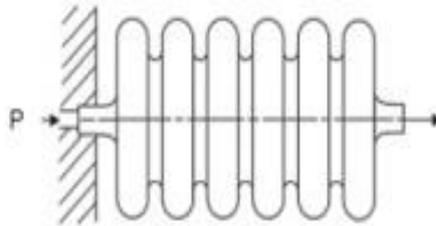
Fonte: Bistafa (2010).

Diafragma é um disco circular, utilizado para medir pressões, geralmente de pequenas amplitudes. É uma membrana fina de material elástico, metálico ou não, que fica sempre oposta à uma mola.

Ao aplicar-se uma pressão no diafragma, causará um deslocamento do mesmo, até um ponto onde a força da mola se equilibrará com a força elástica do diafragma. Este

deslocamento resultante é transmitido a um ponteiro que mostra a medição efetuada (BISTAFA, 2010).

**FIGURA 7** – Manômetro tipo Fole.



Fonte: Bistafa (2010)

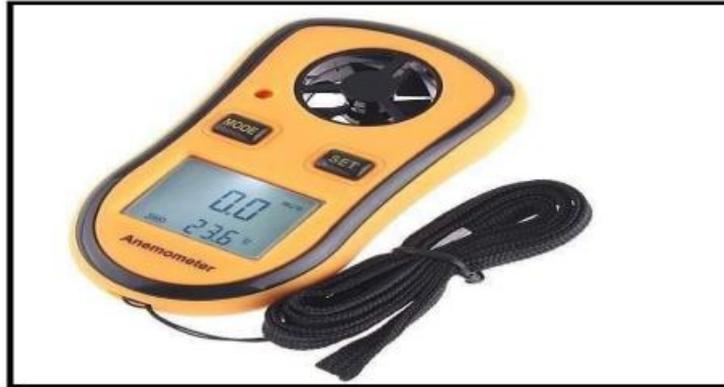
Fole é um dispositivo, que possui rugas no círculo exterior que, ao se aplicar pressões no sentido do eixo se expandir ou se contrair. As desvantagens do fole são sua dependência das variações da temperatura ambiente e sua fragilidade em ambientes pesados de trabalho.

Como a cápsula do diafragma, o fole pode ser usado para medir pressões absolutas, relativas e em sistemas de balanço dos movimentos ou de forças eixo. Como a resistência à pressão é limitada, é usada para baixa pressão (BISTAFA, 2010).

#### **4. MATERIAIS E MÉTODOS**

Para analisar o comportamento do evaporador, uma bancada de refrigeração com um túnel de vento, foi construída tendo como base MDF e madeira, o túnel de vento feito com acrílico e chapa de aço, para a base do evaporador. O aparato experimental possui seis pontos de medição de temperaturas, dois pontos de medição de umidade relativa do ar e quatro pontos de medição de pressão interna do fluido refrigerante. Foram utilizados os seguintes materiais, para a obtenção dos dados: dois manômetros, dois sensores de temperatura, dois sensores de umidade relativa do ar, um medidor de velocidade do ar e um arduino uno para fazer as leituras dos sensores, os seguintes equipamentos podem ser visualizados nas figuras 8, 9, 10, 11 e 12.





Fonte: Acadêmicos UniRV (2016).

**FIGURA 12** – BORTOLI 2015.



Fonte: Acadêmicos UniRV (2016).

Foram usados também, os seguintes componentes para o funcionamento do ciclo de refrigeração: um compressor, um evaporador, um condensador e quatro coolers para a circulação do ar dentro do túnel de vento, mostrado nas figuras 13, 14, 15 e 16.

**FIGURA 13** – Compressor.

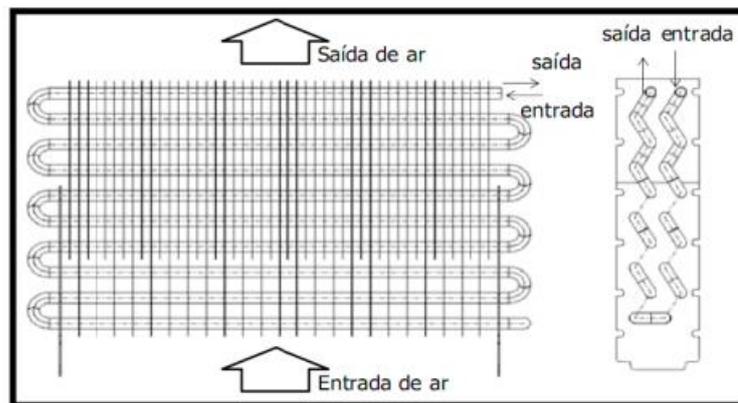


Fonte: BORTOLI 2015.

As características do compressor são:

- Modelo: TSA1374YGS
- Fluido refrigerante: R-134a, R-410a, R401B
- Potência do compressor (HP): 1/5
- Capacidade de refrigeração (BTU/H): 680
- Deslocamento (cm<sup>2</sup>): 5,65
- Relação de eficiência energética (BTU/H): 4,89

**FIGURA 14** – Evaporador.



Fonte: (MELO, et al. 2006).

As características do evaporador são:

- Tipo: (Standart);
- Diâmetro do tubo: 0.00794 m;
- Fila de tubos: 2;
- Número de aletas: 24 (grande);
- Número de aletas: 23 (pequena);
- Área da fase: 0.02083 m<sup>2</sup>
- Fator de aleitamento: 5.263.

**FIGURA 15 – Condensador**



Fonte: BORTOLI 2015.

**FIGURA 16 – Coolers.**



Fonte: Acadêmicos UniRV (2016)

**FIGURA 17 – BORTOLI 2015.**



Fonte: BORTOLI 2015.

Para obtenção dos resultados, será analisado o desempenho de um evaporador de tubo aletado tipo standard, através de uma bancada com um túnel de vento, construída especialmente para este fim. As propriedades medidas e analisadas serão: pressões do refrigerante, por meio de manômetros.

Os dados para análise serão retirados das seguintes localidades: as temperaturas do ar, na entrada e na saída do túnel de vento, as temperaturas do fluido refrigerante na entrada e na saída do evaporador, às pressões do fluido do refrigerante na entrada e na saída do evaporador, as umidades relativas do ar na entrada e na saída do túnel de vento e a velocidade ao longo do túnel de vento.

Os resultados serão expressos, através de gráficos e tabelas mostrando às diferenças entre as variáveis obtidas.

Serão feitas análises e a discussão dos resultados obtidos através de testes realizados, em uma bancada de refrigeração com um túnel de vento, para realizar a análise do desempenho no funcionamento controlado de um evaporador tipo tubo aletado frost-free.

**FIGURA 18-** Sensor de temperatura instalado no evaporador.



Fonte: BORTOLI 2015.

**Figura 19** - Sensor de temperatura e umidade relativa instalado no túnel de vento.



Fonte: BORTOLI 2015.

**FIGURA 20** – Manômetros instalados na entrada e na saída do evaporador.

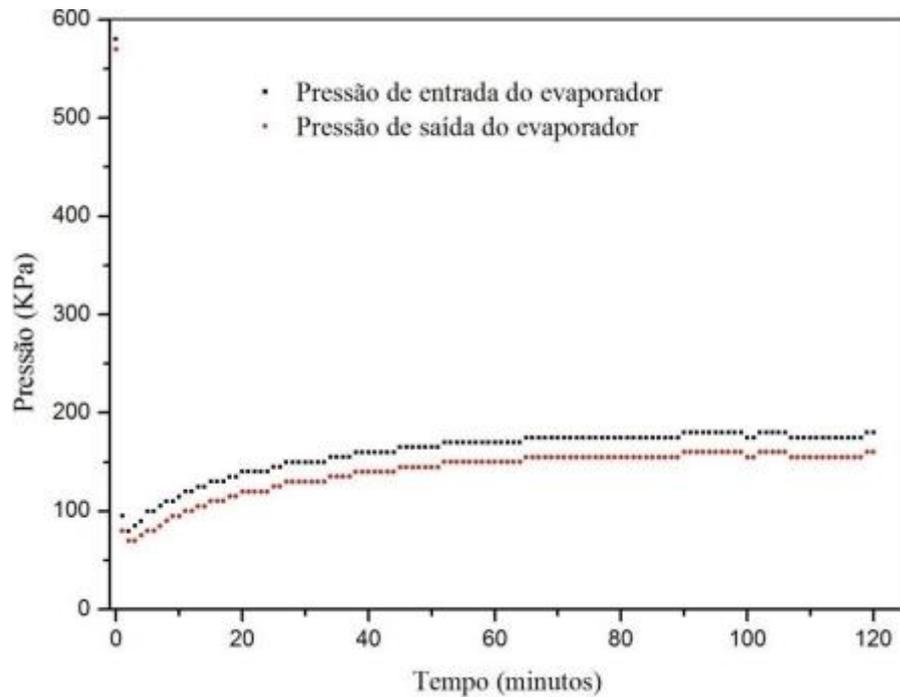


Fonte: BORTOLI 2015.

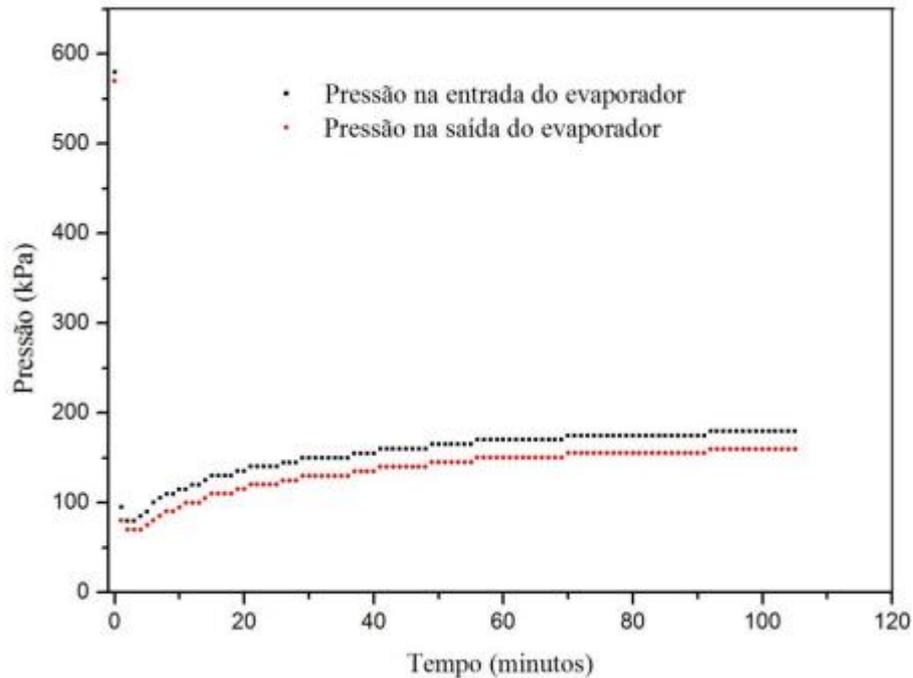
## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foi realizado um levantamento de informações sobre medidores de pressões, e uma análise, sobre a pressão e tempo de operação que evaporador está funcionando, sobre o quanto

a pressão varia em relação ao tempo que o evaporador permanece em operação.



A vazão de ar neste caso é adotada como  $0,0168 \frac{m^3}{s}$  com a figura acima, é fácil notar que a pressão de ar na entrada do evaporador é 180 kPa, e de 160 kPa na saída do mesmo, então houve uma diferença de pressão, que analisando o gráfico e fazendo uma  $\Delta P$ , nos diz que a  $\Delta P = P_e - P_s$ , nos diz que a  $\Delta P = 20$  kPa, essa variação de pressão é dada devido à alguns casos ocorridos durante o escoamento do fluido pela serpentina do evaporador, então é causada a partir de percas de cargas, atrito do fluido com a parede interna do tubo.



A vazão de ar neste caso é adotada como  $0,0273 \frac{m^3}{s}$  (figura acima), é fácil notar que como no primeiro caso, a variação de pressão foi a mesma, pressão na entrada do evaporador é 180 kPa, e de 160 kPa e na saída do mesmo, então houve uma diferença de pressão que analisando o gráfico e fazendo uma  $\Delta P$ , nos diz que a  $\Delta P = P_e - P_s$ , nos diz que a  $\Delta P = 20$  kPa, essa variação de pressão é dada devido a alguns casos ocorridos durante o escoamento do fluido pela serpentina do evaporador, então é causada a partir de percas de cargas, atrito do fluido com a parede interna do tubo.

## 6. CONCLUSÃO

Neste trabalho, estudou-se, a forma de vazão de ar em relação à pressão no desempenho do manômetro de uma bancada de refrigeração dos acadêmicos da UniRV. Nota-se que a diferença de pressão o  $\Delta P$  do evaporador, não mudou em relação ao escoamento da vazão máxima de ar no evaporador, porém, se aumentarmos o escoamento da vazão de ar, e temperatura do ar irá abaixar, então é interessante mantermos uma vazão adequada, para não suprir a realidade do evaporador, porque se aumentarmos a vazão de ar a temperatura do mesmo, na saída do evaporador não estaria sendo a melhor prevista para o uso

do equipamento, por isso que é necessário um controlador de velocidade do ar, onde coolers ventilam e força o ar a trocar calor com as serpentinas do evaporador, que neste caso, se trata de uma convecção forçada, onde nada mais é que o ar forçado a escoar sobre o evaporador, então para melhorar o desempenho do evaporador é necessário:

- Aumentar a capacidade de refrigeração, manter a velocidade de escoamento de ar pequena e constante;
- Manter a velocidade do escoamento de ar pequena, e a capacidade de refrigeração;
- Aumentar a capacidade de refrigeração e a velocidade do escoamento de ar gradativamente em relação ao evaporador;
- Diminuir a velocidade do escoamento do ar, e mantendo a capacidade de refrigeração;
- Aumentar a capacidade de refrigeração e manter velocidade de escoamento.

Tomando por base os imprevistos, que apareceram ao longo do avanço deste trabalho, aconselham-se para trabalhos futuros os seguintes ajustes:

- Uso de registros de pressão mais certos e sofisticados, como transdutores de pressão.
- O uso de diferentes vazões de ar, com um evaporador maior e não o de geladeira.
- O uso de diferentes tipos de refrigerantes, com vazões de ar pequenas e grandes.

## EFFICIENCY ASSESSMENT OF GAUGE OF A EVAPORATOR FROST-FREE FOR IMPROVEMENTS IN A PROJECT OF A COOLING CYCLE

### ABSTRACT

The primary essence of this article is to know and make the application of one of the most important tools that interfere with the measurement of specific processes of different conditions, the pressure gauge. The use of pressure devices, such as pressure gauge is extremely necessary in modern society, it will apply these instruments in scientific studies or construction industries. It has equipment of different types such as piezometric gauge, U-tube, mechanical or electrical such as Bourdon tube pressure gauge, aneroid barometer. Gauges and switches are among the instruments frequently used in a factory. However, because of the large amount, attention to maintenance and reliability can be compromised. So it is not uncommon to see in older plants various gauges and switches out of service. This is unfortunate because, if a factory works with a faulty pressure switch, the plant safety may be compromised. On the other hand, if a factory can operate safely as a manometer is defective, it shows that the gauge was never needed. So one of the goals of a good process instrumentation project is to install a smaller amount of pressure gauges and pressure switches, but are more useful and reliable. Knowledge of the types of gauges is necessary for better implementation of these because of its restrictions.

Keywords: pressure, pressure gauge, pressure calculation.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALONSO, Lineu Rodrigues; NUNEZ, Manuel Lorenzo Fernandez; ROSAS, Carlos Eduardo. **Manômetro digital: avanço e segurança.** Disponível em: <  
[http://revistadae.com.br/artigos/artigo\\_edicao\\_154\\_n\\_64.pdf](http://revistadae.com.br/artigos/artigo_edicao_154_n_64.pdf)> Acessado em: 20 mar 2016.

BISTAFA, Sylvio R. **Mecânica dos fluidos: noções e aplicações.** 1. Ed. São Paulo: Blucher, 2010.

BORTOLI, **Avaliação experimental do desempenho de um evaporador frost-free:** 2015.

RADOMSKI, Bianca Montes; GONZALEZ, Wilma de Araújo; FIAUX, Sorele Batista. Tratamento da biomassa lignocelulósica da cadeia produtiva de dendê (*Elaeis guineensis*) para produção de glicose por hidrólise ácida. **RQI Art. Técnico**, fev 2012. Disponível em: <  
<http://www.abq.org.br/rqi/2012/734/RQI-734-pagina19-Artigo-Tecnico.pdf>> Acessado em: 30 abr 2016.

ROSCANI, Meliza Goi; MATSUBARA, Luiz Shiguero; MATSUBARA, Beatriz Bojikian. Insuficiência cardíaca com fração de ejeção normal. **Arq. Bras. Cardiol.** São Paulo, v.94, n.5, mai 2010. Disponível em: <  
[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0066-782X2010000500019](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0066-782X2010000500019)>  
 Acessado em: 30 abr. 2016.

TRIPLER, P. A. **Física: para cientistas e engenheiros.** 3.ed. Livros Técnicos e Científicos Ed. S. A., 1995. Disponível em: <  
[https://www.livrariadafisica.com.br/detalhe\\_produto.aspx?id=45499](https://www.livrariadafisica.com.br/detalhe_produto.aspx?id=45499)> Acessado em 25 mai 2016.

YOUNG, H. D.; FREEDMAN, R. A. **Física mecânica.** 12.ed. São Paulo: Addison Wesley, 2008.