

CONFIABILIDADE VS TEMPO MÉDIO PARA FALHAR

Data de submissão: 01/03/2024

Data de aceite: 01/03/2024

Alexandre Fernandes Santos

Fapro - Faculdade Profissional. Curitiba -
Paraná
<https://orcid.org/0000-0001-5306-6968>

Heraldo José Lopes de Souza

Fapro - Faculdade Profissional. Curitiba -
Paraná
<https://orcid.org/0000-0002-8471-7804>

Marcia Cristina de Oliveira

Faculdade Profissional, Curitiba, Paraná

Sariah Torno

FAPRO - Faculdade Profissional, Curitiba,
Paraná

Darlo Torno

FAPRO - Faculdade Profissional, Curitiba,
Paraná

Sandro Adriano Zandoná

FAPRO - Faculdade Profissional, Curitiba,
Paraná

Natalia Tinti Ramos

FAPRO - Faculdade Profissional, Curitiba,
Paraná

Eliandro Barbosa de Aguiar

FAPRO - Faculdade Profissional, Curitiba,
Paraná

Daiane Busanello

FAPRO - Faculdade Profissional. Curitiba
- Paraná
<http://lattes.cnpq.br/4109587347234407>

RESUMO: Índices de manutenção são essenciais para a indústria 4.0, esse capítulo de livro de engenharia trata de uma comparação entre compressores hipotéticos e suas confiabilidades e manutenibilidades, assim como a disponibilidade.

PALAVRAS-CHAVE: Compressores, Confiabilidade, Disponibilidade.

RELIABILITY VS MEAN TIME TO FAILURE

ABSTRACT: Maintenance rates are essential for industry 4.0, this engineering book chapter deals with a comparison between hypothetical compressors and their reliability and maintainability, as well as availability.

KEYWORDS: Compressors, Reliability, Availability.

INTRODUÇÃO

De todas as perdas que existem, salvo a vida, pode-se citar um dos piores o desperdício de alimentos, o Brasil é o décimo país que mais desperdiça alimento no mundo, muitas vezes um compressor com problema nas camaras frigoríficas pode ser o agente desse desperdício (Supervarejo, 2024).

O compressor em conjunto com outras peças e dispositivos integram o motor de um sistema de refrigeração, é selecionado pelo critério de resfriamento segundo características específicas dos produtos que serão comercializados no estabelecimento. Alimentos armazenados em sistemas isentos de refrigeração ou ainda que disponível, mas que apresente falhas tornam-se inviáveis de serem comercializados ou consumidos, sem contar o enorme prejuízo à organização. A indústria de compressores enquanto organização e técnicos que nela trabalham devem priorizar conhecimentos sobre índices estatísticos de confiabilidade de temperatura e ausência de falhas nos sistemas de refrigeração, para todos os tipos de compressores e sobre falhas que possam ocorrer nesses equipamentos, envolvendo custos de falha, efeitos de manutenção, confiabilidade, custos de inspeção e troca. Um enfoque sistemático e criterioso leva em conta a confiabilidade e esta sustenta a estabilidade do produto no mercado, por longos períodos (MIRSHAWKA; OLMEDO, 1994 apud Santos, 2012). No contexto industrial contemporâneo, segundo Tamagna (2008 apud Santos, 2012), em que a máxima disponibilidade dos equipamentos ligados ao processo produtivo representa fator crítico para o sucesso do mercado, a confiabilidade do equipamento passa a desempenhar função estratégica, uma vez que se faz necessário trabalhar na prevenção e detecção antecipada das possíveis falhas, especificamente, tratando dos compressores utilizados na rede de supermercados para refrigeração de alimentos, indispensável à preservação do produto e sucesso ao negócio.

Muito se fala sobre a manutenção e as boas práticas de manutenção, mas mensurar os resultados é muito mais importante.

O propósito deste artigo é explicar alguns conceitos da manutenção e como se mensura os resultados, como afirma Lord Kelvin: “Somente se conhece uma magnitude física quando se pode medir e expressar numericamente” (ATMOS, 2021). Entre os princípios a serem abordados encontram-se, (SINGH, 2014; MMTEC, 2021):

- **Confiabilidade:** é a probabilidade de que um sistema, equipamento ou parte de um sistema irá realizar a sua função pretendida sem “falhas” para um período de tempo estimado sob condições determinadas, ou seja, a confiabilidade é a qualidade no tempo. A fórmula mais usual para medir a confiabilidade é (Knezevic, 2018):

$$R_{(t)} = e^{-\lambda t}$$

Sendo:

R= Confiabilidade;

e= exponencial 2,71...;

$-\lambda$ = taxa de falhas em (falhas/h):

t= tempo em horas.

Portanto, enquanto a taxa de falhas cresce a confiabilidade diminui, mas numa relação em sua maioria exponencial.

- **Mantenabilidade/Manutenabilidade:** é a probabilidade de executar uma ação bem sucedida de conserto/reparo/restauração dentro de um espaço de tempo. A manutenibilidade também pode ser definida como o grau de facilidade para se fazer a manutenção.
- **Disponibilidade:** é a probabilidade do sistema estar operando corretamente quando requerido para o uso, também pode ser expressa numericamente por, (ALSGLOBAL, 2021):

$$D = \frac{TMF}{TMF + TMR}$$

Onde:

D = Disponibilidade;

TMF = Tempo médio entre falhas;

TMR = Tempo médio para reparo.

Além dos equipamentos também existe o conceito da confiabilidade para os humanos, também é uma ciência importante para indústria, comércio e tantas outras ações que exijam a confiabilidade, essa ciência estuda os erros humanos e seus impactos sobre os indicadores de segurança, qualidade e produção.

Grandes partes dos acidentes ocorridos em equipamentos e sistemas podem ser oriundos dos erros humanos, para se prevenir de eventos não desejáveis, é essencial que sistemas, operações e equipamentos, além claro do ambiente de serviço estejam em consonância com as capacidades intelectuais, cognitivas, emocionais e físicas dos colaboradores, e suas limitações (SILVA et al, 2017).

MATERIAIS E MÉTODOS

Os sistemas de refrigeração de ar destinam-se em otimizar a temperatura do ambiente, umidade relativa, renovação e qualidade do ar, processo que deve ser realizado mediante a presença de ruído mínimo e ocupação do menor espaço físico possível .

O compressor desempenha papel fundamental nos ciclos de refrigeração e representa “o coração” do sistema, deste equipamento depende um bom ou mau funcionamento do sistema. Dentre os papéis do ciclo de refrigeração do compressor é possível afirmar que reduz a pressão da saída do evaporador, até a correspondente temperatura de evaporação requerida pela instalação; aumenta a pressão do refrigerante, até a temperatura de condensação requerida pela instalação; movimenta o fluido refrigerante por meio da tubulação e dos componentes individuais (Santos 2012).

Estruturalmente, o compressor compõe-se de unidade condensadora hermética e unidade compressora aberta. “Tem como finalidade aumentar a pressão de evaporação para pressão do gás refrigerante da pressão de evaporação para pressão de condensação” (TRANE, 1979, p. 12 apud Santos 2012), cuja “função [...] é entregar o refrigerante ao condensador a uma pressão e a uma temperatura que permitam obter, com rapidez, o processo de condensação”. Ainda no entendimento de: O compressor e o motor de transmissão deste encontram-se encerrados em uma carcaça comum. O motor está localizado no fluxo de gás aspirado que produz a necessária refrigeração. O termo semi-hermético significa que a carcaça hermética pode ser aberta para permitir reparos no compressor ou motor. No interior de um compressor semi-hermético encontra-se instalado um motor elétrico, semelhante ao existente no compressor hermético, porém, a principal característica desse modelo está na facilidade para o profissional refrigerista abri-lo, permitindo que algumas peças de seus componentes sejam substituídas, sem que haja a necessidade de troca do compressor por completo (Figura 1) (Santos, 2012).

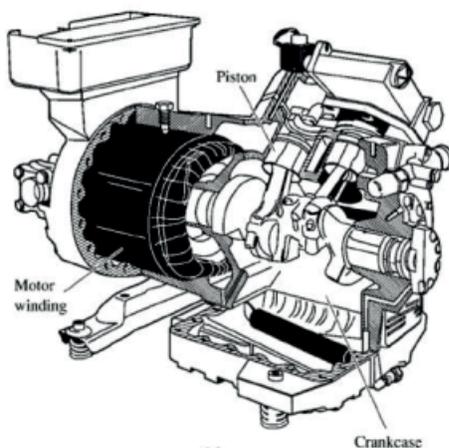


Figura 1_Compressor Semi-Hermético (Santos, 2012).

Outra vantagem é em relação aos custos, que podem se tornar ainda menor, justamente por permitir que somente algumas partes sejam trocadas, “os compressores modernos semiherméticos ou abertos podem ser colocados virtualmente em qualquer local [...] alguns fatores devem ser examinados ao finalizar o projeto de instalação” (Santos, 2012).

Situação hipotética A:

- Compressor semi-hermético importado com discus para refrigerar uma Câmara frigorífica com tempo médio entre falhas = 30.000h;
- Tempo médio para reparo (com importação da peça) = 2.880h (quatro meses).

$$\text{Disponibilidade} = \frac{30.000}{30.000 + 2880} = 0,9124$$

Situação hipotética B:

- Compressor semi-hermético nacional para refrigerar uma câmara frigorífica com tempo médio entre falhas = 20.000h;
- Tempo médio para reparo = 48h (peça nacional disponível em loja).

$$\text{Disponibilidade} = \frac{20.000}{20.000 + 48} = 0,9976$$

Muitas vezes, os projetistas negam o indicador “disponibilidade” no momento da decisão para escolher qual é a melhor opção de equipamento e/ou sistema.

A questão sobre o equipamento ser importado ou nacional, neste caso, é apenas suposição, pelo fato que alguns produtos nacionais possui logística inferior a alguns importados, mas a independencia, ou seja, a fabricação no país de origem deve ser um fator a ser considerado no momento de compra, não a toa o BNDES vincula o índice de nacionalização para credenciamento de seu cartão (CartaoBndes, 2024).

Ainda na etapa do projeto, muitas vezes as redundâncias não são analisadas de forma mensurável, quando se trata de sistemas componentes e/ou equipamentos em série, a confiabilidade é na forma de produto dos componentes do sistema:

$$R_n = R_1 \cdot R_2 \cdot R_3 \cdot \dots \cdot R_s \cdot$$

Exemplo hipotético:

Evaporador = 0,98;

Condensador = 0,98;

Compressor = 0,95;

Elemento para expansão = 0,99;

Contactoras = 0,98.

$$R = 0,98 \cdot 0,98 \cdot 0,95 \cdot 0,99 \cdot 0,98 = 0.8580$$

Neste caso, 85,80% de confiabilidade, caso fosse elaborado um novo esquema com um condensador e um sistema elétrico em paralelo, sabendo que sistemas em paralelo com novos índices do confiabilidade, por exemplo:

Onde:

P.ELET = Contactoras e parte elétrica, R=0,98.;

COMP = Compressores, R=0,98;

COND = Condensador, R=0,95;

V.EXP = Válvulas de Expansão, R=0,99;

EVAP = Evaporador, R=0,98.

A confiabilidade em sistema paralelo é:

$$R_s = (R_1 + R_2) \cdot (R_1 \cdot R_2)$$

Podemos dizer:

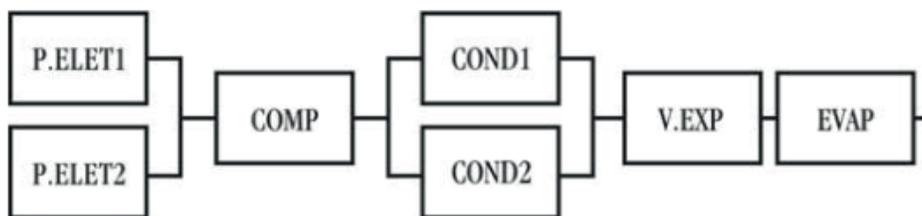


Figura 2 – Sistema de bloco

$$R = R //_{P.ELET} \cdot R_{COMP} \cdot R //_{COND} \cdot R_{V.EXP} \cdot R_{EVAP}$$

$$R = 0,99 \cdot 0,98 \cdot ((0,95 + 0,9) - (0,95 \cdot 0,95)) \cdot 0,98 \cdot ((0,95 + 0,95) - (0,95 \cdot 0,95)) = 0,9460$$

Ou seja, a confiabilidade vai aumentar substancialmente, é um exemplo hipotético, mais que bem aplicado, pode auxiliar os fabricantes e os instaladores a desenvolverem sistemas mais confiáveis.

CONCLUSÕES

Em inglês a manutenção se inicia com a palavra “*main*” que significa o mais importante, o principal, e isso deve sempre estar pautado que a manutenção inteligente não é uma despesa, e sim um dos principais pontos na de um Engenheiro de confiabilidade na manutenção.

É imperativo que a manutenção venha acompanhada de indicadores, especialmente na indústria 4.0, indústria 4.0 significa manutenção 4.0 ao lado.

“Nos sistemas e ou equipamentos com manutenção 4.0 as atividades que antes eram feitas de forma periódica ou apenas com a falha e quebra dos equipamentos e ou sistema passarão a serem realizadas com a instrução do próprio sistema. Cada vez mais o software e inteligência artificial otimizarão a utilização do equipamento e ou sistema de forma a minimizar o tempo de parada e os prejuízos com trocas de equipamentos e ou peças. Ao usuário caberá apenas o monitoramento do sistema e ou equipamento e o foco no que realmente importa: o desenvolvimento de soluções inovadoras para seus produtos e ou serviços” (WELLELASER, 2021).

Ou seja, a lógica da manutenção e indicadores explícitos e públicos de taxa de falhas, tempo médio entre falhas, tempo médio para falhar, manutenibilidade/mantenabilidade e principalmente a disponibilidade necessitam ficar no script desde o começo do projeto.

REFERÊNCIAS

ALSGLOBAL. Calcular a disponibilidade de máquinas e equipamentos. Disponível em <https://www.alsglobal.com/pt-br/news/artigos/2020/08/como-calcular-a-disponibilidade-de-maquinas-e-equipamentos>. Acessada em 05/07/2021.

ATMOS. **Lord Kelvin quote**. Disponível em https://atmos.uw.edu/~robwood/teaching/451/Lord_Kelvin_quote.pdf Acessado em 05/07/2021.

CARTAOBNDES. **Índice de nacionalização**. Disponível em <https://www.cartaobndes.gov.br/cartaobndes/Tutorial/Manual%20do%20Fabricante%20-%20Calculo%20do%20Indice%20de%20Nacionalizacao.pdf>. Acessado em 28/02/2024.

MMTEC. **MANTENABILIDADE NA MANUTENÇÃO CORRETIVA: COMO APLICAR?** Disponível em <http://www.mmtec.com.br/mantenabilidade-na-manutencao-corretiva-como-aplicar/#:~:text=O%20que%20significa%20mantenabilidade&text=%E2%80%9Ca%20capacidade%20de%20um%20item,mediante%20procedimentos%20e%20meios%20prescritos.%E2%80%9D>. Acessado em 05/07/2021.

KNEZEVIC, Jezdimir. **How reliable is reliability Function?** DOI 10.13140/RG.2.2.27471.12967. Mirce Academy, Exeter. Reino Unido. November 2018.

Santos, Alexandre F.; **CONFIABILIDADE APLICADA À TOMADA DE DECISÃO PARA COMPRESSORES HERMÉTICOS E SEMI-HERMÉTICOS DE REFRIGERAÇÃO COMERCIAL**. UTFPR – Universidade Tecnológica do Paraná. Curitiba – Paraná. 2012. Disponível em https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/18640/2/CT_CECAM_I_2011_02.pdf. Acessado em 28/02/2024.

SILVA, Bruna Grazielly de Jesus; LISBOA, Ainã Pinheiro; SANTOS, Áurea Haíza Almeida; SANTANA, Kelyanne Santos; SILVA, Isabelly Pereira. **CONFIABILIDADE HUMANA: UMA ABORDAGEM ATUAL DO ERRO HUMANO**. IX SIMPROD – simpósio de Engenharia de Produção de Sergipe. ISSN 2447-0635. Sergipe. 2017.

SINGH, Pankaj; YADAV, K. P.; SHRIVASTAVA, Abhishek. **A Preliminary study on reliability engineering and its evaluation**. Turkish Journal of Engineering, Science and Technology, 30/01/2014.

Supervarejo. **Brasil é o 10º país que mais desperdiça alimentos no mundo?** Disponível em https://www.supervarejo.com.br/consumo/brasil-e-o-10o-pais-que-mais-desperdica-alimentos-no-mundo?gad_source=1&gclid=CjwKCAiAloavBhBOEiwAbtAJO1vGDAYYwdEZORj-h9KBMZyqGley-5kk0G88AxJhmxDAnHXzKEQlthoCf9sQAvD_BwE. Acessado em 28/02/2024.

WELLELASER. **Manutenção 4.0, os aspectos da quarta revolução industrial sob a perspectiva da manutenção**. Disponível em <https://wellelaser.com/manutencao-4-0-os-aspectos-da-quarta-revolucao-industrial-sob-a-perspectiva-da-manutencao/>. Acessado em 05/07/2021.