



XVII CONBRAVA – CONGRESSO BRASILEIRO DE REFRIGERAÇÃO, AR-CONDICIONADO, VENTILAÇÃO, AQUECIMENTO E TRATAMENTO DO AR

São Paulo Expo – 23 à 25 de novembro de 2021

PLANO DE RISCO PARA PARADAS NÃO PROGRAMADAS EM SISTEMAS DE CONDENSAÇÃO E ÁGUA GELADA¹

PAPER 11

RESUMO

A pandemia causada pela COVID-19 fez com que muitos estabelecimentos comerciais e industriais tivessem que paralisar suas operações para cumprir as medidas de isolamento social, necessárias para conter a disseminação do vírus. Sistemas de água gelada e expansão indireta por condensação a água necessitam de um cuidado redobrado quando parados, pois a água ali estacionada é fonte para crescimento de micro-organismos causadores de doenças, além de causar deposição de material e problemas como corrosão em tubos e equipamentos. A falta de um planejamento prévio para lidar com eventos inesperados como este pode trazer diversos problemas para os sistemas, por vezes acarretando em prejuízos permanentes. Diante deste cenário, o presente trabalho propõe um plano de contingência e um plano de ação para serem executados em sistemas que utilizam a água como fluido de trabalho, com o objetivo de reduzir problemas decorrentes da falta de um tratamento adequado.

Palavras-chave: Plano de contingência. Plano de ação. Paradas não programadas.

ABSTRACT

The pandemic caused by COVID-19 meant that many commercial and industrial establishments had to stop their operations in order to comply with the social isolation measures, necessary to contain the spread of the virus. Chilled water systems and indirect expansion by water condensation systems need extra care when stopped, as the water stationed there is a source for the growth of disease-causing microorganisms, in addition to causing material deposition and problems such as corrosion in pipes and equipment. The lack of prior planning to deal with unexpected events like this can bring several problems to the systems, sometimes resulting in permanent losses. In view of this scenario, the present work proposes a contingency plan and an action plan to be executed in systems that use water as a working fluid, in order to reduce problems resulting from the lack of adequate treatment.

Keywords: Contingency plan. Action plan. Unscheduled stops.

1 INTRODUÇÃO

A paralisação programada de sistemas que operam continuamente é prática comum em diversas situações, como por exemplo em operações de manutenção preventiva e corretiva. Contudo, pode ocorrer a necessidade de uma parada não programada de um sistema, de tal forma que se não forem adotados procedimentos adequados para o retorno à operação do sistema, a integridade do sistema e seu funcionamento podem ser comprometidos.

¹ VIANNA, P. Y. B.; FERNANDES, F. C.; SILVA, A. C. R.; LACERDA, C. R. Plano de risco para paradas não programadas em sistemas de condensação e água gelada. **XVII Congresso Brasileiro de Refrigeração, Ar-Condicionado, Ventilação, Aquecimento e Tratamento de ar.** São Paulo, 2021

Os sistemas de condensação à água e os sistemas de água gelada são de operação contínua e utilizam a água como fluido refrigerante. Estes equipamentos estão presentes em sistemas de aquecimento, ventilação, ar condicionado e refrigeração (AVAC-R) e foram bastante atingidos pela pandemia de COVID-19, devido à repentina paralisação de muitos estabelecimentos comerciais e industriais para seguir as medidas de distanciamento social de combate a doença. A interrupção do funcionamento de sistemas que utilizam água deve ser feita com muito cuidado, pois a paralisação por períodos longos de tempo pode trazer problemas, tais como corrosão e crescimento microbiológico nas linhas de circulação de água, entupimento de filtros Y, acúmulo de materiais em bombas, sensores e válvulas. Se não forem adotadas medidas adequadas para controle da qualidade da água, os sistemas podem ser prejudicados de forma permanente.

Para evitar os problemas citados anteriormente, é necessário se preparar antecipadamente para adotar medidas de atuação quando o fato ocorrer. Para isso são necessários planos de contingência que estabeleçam ações de mitigação aos problemas, caso seja necessário parar os sistemas.

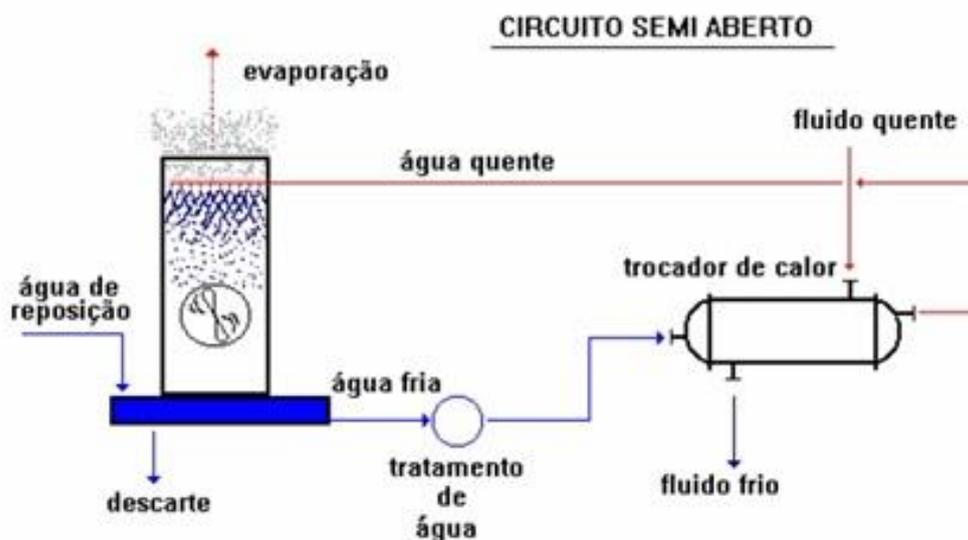
O presente artigo tem como objetivo apresentar um plano de contingência e um plano de ação em caso de paradas não programadas em sistemas de expansão indireta por condensação a água, além de mostrar os problemas encontrados nestes sistemas. Para a elaboração dos planos foram analisadas recomendações disponibilizadas em informações da ABRAVA, manuais dos fabricantes TRANE, ALPINA, INTERNATIONAL E CARRIER. Espera-se com este artigo reunir as melhores recomendações até agora conhecidas e elaborar planos que possam ser utilizados como referência futuramente em diversas aplicações.

2 DESCRIÇÃO DOS SISTEMAS

A água é utilizada em muitos sistemas de resfriamento e seu principal uso é para a remoção de calor em sistemas de condicionamento de ar e refrigeração (MILLER e MILLER, 2006). Os três principais elementos em um sistema de refrigeração por água gelada são: torre de resfriamento, chiller e fan-coil.

A torre de resfriamento é responsável por remover o calor da água que retorna do processo de condensação do chiller. Ela é pulverizada na bacia da torre; assim, o calor é cedido para o ar circulado através desta. Um fluxo de calor espontâneo passa da água quente para o ar frio, mas a maior parte do calor é transferida por evaporação da água. A fim de compensar esta água evaporada, água de reposição ou compensação deve ser adicionada ao sistema (GENTIL, 2017). Existem torres de resfriamento de diversos tamanhos, e também, dependendo da necessidade, elas podem ser instaladas em paralelo a um sistema, para que juntas forneçam o resfriamento necessário ao sistema principal, o chiller.

Figura 1 – Circuito semiaberto, com recirculação de água

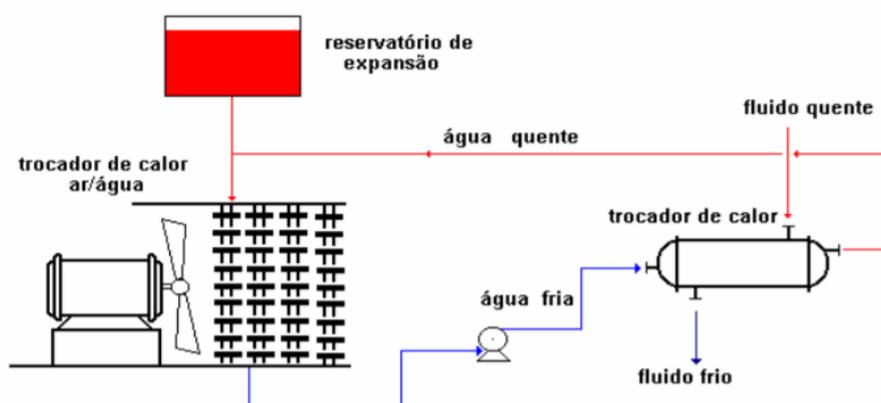


Fonte: Mancuso, 2001.

As torres de resfriamento são utilizadas em sistemas de resfriamento a água chamados semiabertos, pois este permite a recirculação da água, conforme mostra a Figura 1. O sistema semiaberto é utilizado quando há necessidade de economizar água, além de possibilitar um tratamento adequado contra corrosão, incrustações e proliferação de micro-organismos que podem causar doenças. Parte da água que circula na torre é evaporada e gotículas de água são arrastadas com o vapor, o que permite a redução da temperatura. Desta forma a água se torna mais concentrada e os sais existentes podem provocar corrosão e incrustações (GENTIL, 2017).

O chiller, como é mais comumente chamado, é um resfriador de líquidos. É um equipamento fabricado para operar e ser utilizado em projetos de circuito frigorígeno (ciclo de refrigeração mecânica), para produção de água gelada, conforme Figura 2. Este equipamento pode ser utilizado em grandes unidades de condicionamento de ar, como também pode ser empregado em uma ampla gama de processos industriais (MILLER e MILLER, 2006). Estes sistemas são capazes de trabalhar com uma grande variação de temperatura, podendo trabalhar com temperatura positiva ou negativa (GENTIL, 2017).

Figura 2 – Sistema fechado, com circulação de água



Fonte: Mancuso, 2001.

Fan-coil é uma unidade de tratamento de ar responsável pela climatização dos ambientes a partir da água gelada proveniente do chiller. Neste processo, o ar é direcionado por um ventilador para entrar em contato com a serpentina, por onde circula água, a qual, por transferência de calor por condução, reduz a temperatura do ar.

A forma mais comum de absorção do calor gerado em processos industriais é por meio da água, podendo-se destacar o resfriamento de um líquido qualquer por trocadores de calor, conhecidos como torres de arrefecimento. Esses equipamentos têm o papel de fazer com que dois fluidos troquem energia calorífica durante o escoamento em vazão uniforme. Na maioria das vezes o fluido frio é a água, que deverá receber parte do calor do fluido quente, proveniente do processo de condensação dos chillers, objetivando esfriá-lo (MANCUSO, 2001).

3 TRATAMENTO DE ÁGUA E PROBLEMAS COMUMENTE ENCONTRADOS

O conhecimento das impurezas presentes na água de torres de resfriamento, chiller e outros sistemas auxilia na previsão de possíveis problemas, assim como no estabelecimento de métodos adequados para enfrentar estes problemas (MILLER e MILLER, 2006).

Uma série de operações podem ser adotadas para o tratamento de água em processos industriais, tais como clarificação, cloração, controles de PH, controle microbiológico, adicionar inibidores de corrosão e agentes anti-incrustantes, desmineralização (GENTIL, 2017).

Alguns problemas que podem ocorrer nas torres são depósitos de substâncias, formação de crostas, fouling e poluentes atmosféricos. Os depósitos podem ser causados por clarificação deficiente da água, problemas de filtração, absorção de poeira do ambiente ao redor da torre e alto teor de íons ferro, que por ação de bactérias ferro-oxidantes são oxidados e sofrem precipitação nas tubulações (GENTIL, 2017).

As crostas podem ser formadas devido à presença de dureza temporária e precipitação de silicato de magnésio. Fouling é um aglomerado de materiais, cujo material ligante é biomassa ou óleo mineral ou fluidos de processo, e o material aglutinado são sólidos suspensos, tais como precipitados inorgânicos ou produtos de corrosão. A deposição destes materiais pode restringir o fluxo de água e dificultar a transferência de calor, além de proporcionar o aparecimento de bactérias que podem causar o bloqueio total das tubulações. Poluentes atmosféricos podem contaminar a água quando ela entra em contato com o ar. Estes poluentes podem tornar a água mais incrustada e inativar inibidores de corrosão e incrustação (GENTIL, 2017).

3.1 Problemas em circuitos semiabertos, com recirculação de água

- Depósitos: se originam principalmente por decantação deficiente ou absorção de poeira do ambiente por falhas na filtragem;
- Crostas: são formadas a partir da presença de silicatos solúveis junto a sais de magnésio ou presença de dureza temporária;
- Depósitos metálicos: podem aparecer na superfície de tubos de aço-carbono, decorrentes da redução de sais metálicos solúveis em água e que nela foram colocados para determinados fins, ou então como produto de ataque de um meio corrosivo.
- Borras ou lamas de fosfato: São comuns quando no tratamento da água se utilizam tripolifosfatos ou polimetafosfatos de sódio empregados como inibidores de corrosão, agentes anti incrustantes e como dispersantes.

3.2 Problemas em circuitos fechados com recirculação de água gelada.

- Nestes sistemas não há problemas de incrustação, pois a temperatura é inferior àquela necessária para provocar precipitação de dureza. A presença de micro-organismos só ocorre quando a temperatura da água estiver acima de 0°C. Nestes sistemas o principal problema encontrado é a corrosão, devido à diferença de potencial entre os diferentes materiais metálicos utilizados (MANCUSO, 2001).

4 PLANO DE CONTINGÊNCIA

4.1 Sistemas de refrigeração e condensação (fechado e semiaberto)

1. Garantir que o sistema circule a água (condensação e resfriamento) por, pelo menos, uma hora por dia, sem necessidade de carga térmica (GHS, 2020). É importante verificar junto à equipe técnica responsável, se o tempo sugerido é o suficiente para garantir a circulação de água em todo o sistema de refrigeração;
2. Garantir que não existe ar no sistema, verificando os purgadores. Normalmente instalados no ponto mais alto da rede de água gelada;
3. Garantir que todos os equipamentos sejam acionados com vazão suficiente, para que todo o enchimento receba a água circulante;

4. Caso o sistema possua mais de uma bomba de circulação, garantir que todas sejam acionadas. Bombas com sistema de lubrificação devem ser periodicamente acionadas;

5. Continuar o monitoramento e controle da qualidade da água dos sistemas em intervalos não superiores a um mês. Os valores máximos permitidos (VMP) variam de acordo com o sistema, aplicação e fabricante, conforme mostra a tabela abaixo, em que foram comparados os mesmos sistemas, para uma aplicação comum, porém em literaturas distintas.

Tabela 1 – Parâmetros a serem mantidos - comparativo

Sistema	Parâmetros	Renabrava 10	International Refrigeração
Condensação (circuito semiaberto)	pH	6,0 - 8,5	7,0 - 9,0
	Ferro total	máx 3.0 ppm	não especificado
	Fosfonatos	mín. 10 máx 20 ppm	não especificado
	Molibdatos	mín 5.0 máx 10 ppm	não especificado
	Dureza total	não especificado	30 a 500 ppm
	Nitrogênio amoniacal	máx 0 ppm	não especificado
	Contagem total	máx 1,0 x 10 ⁴ UFC/mL	não especificado
Sistema	Parâmetros	Renabrava 10	CARRIER
Água gelada (circuito fechado)	pH	8,0 - 9,5	7,0 - 9,0 (cobre) e 5,0 - 9,0 (níquel-cobre)
	Ferro total	máx 3.0 ppm	máx 1,0 ppm
	Bactérias do ferro	não especificado	nenhuma admissível.
	Molibdatos	mín 5.0 máx 10 ppm	não especificado
	Condutividade	não especificado	não especificado
	Dureza total	não especificado	máx 350 ppm
	Nitritos	mín. 200 ppm	não especificado
	Nitrogênio amoniacal	máx 0 ppm	máx 0 ppm
	Contagem total	máx 1,0 x 10 ⁴ UFC/mL	não especificado

Fonte: ABRAVA, 2020, CARRIER, 2021, INTERNATIONAL REFRIGERAÇÃO, 2021

Os parâmetros da Tabela 1 são considerados ideais, como margem de segurança. Entretanto, podem sofrer variações frente ao recomendado pelo tratador de água, a fim de aumentar a eficiência do programa de tratamento químico empregado.

Caso seja adotado o tratamento químico, é recomendado:

1. Os produtos químicos devem ser adicionados diretamente na bacia da torre, sempre que possível for;
2. A fim de evitar erros de dosagens, utilizar dosadores automáticos para pequenas, frequentes e controladas aplicações;
3. Não fazer dosagens manuais sem antes diluir os produtos químicos.

4.2 Torres de arrefecimento

1. Verificar os bicos pulverizadores quanto à obstrução;
2. Verificar as condições do eliminador de gotas e lavar com jato d'água se o mesmo estiver sujo;
3. Remover incrustações das pás da hélice e aletas das venezianas;
4. Verificar o estado da água da bacia e, se necessário, programar a limpeza.

4.3 Bombas centrífugas

1. Verificar a vazão de água efetiva;
2. Garantir o funcionamento das válvulas;
3. Verificar pressão diferencial nos manômetros de entrada e saída do conjunto;
4. Verificar a vedação do selo mecânico e/ou regular a gaxeta, se necessário.

4.4 Unidade resfriadora de líquido - Chiller

1. Verificar o funcionamento dos sensores de temperatura;
2. Verificar o funcionamento dos medidores de vazão;
3. Certificar-se de que o circuito de fluido do chiller circule com água limpa e com presença de inibidor recomendado;
4. Verificar condições de conservação do isolamento térmico do cooler;
5. Escovar o condensador Shell and Tube sempre que o diferencial de temperatura entre a entrada e saída de água do condensador for inferior a 5°C ou a pressão de condensação esteja acima da pressão de trabalho do fluido refrigerante correspondente ao sistema.

4.5 Unidade de tratamento de ar – Fan-Coil

1. Substituir filtros de ar sempre que a diferença de pressão for duas vezes o do filtro limpo ou 33% de perda de vazão;
2. Limpar o dreno e a bandeja de condensados no mínimo a cada 3 meses. Sempre circular água limpa pela rede de dreno;

3. Limpar periodicamente a serpentina evaporadora. Caso necessário, purgue ou drene a serpentina. Incrustações internas e externas diminuem consideravelmente a troca de calor, e em casos extremos podem causar a perda da serpentina;

4. Verificar e lavar o filtro Y.

4.6 Caixa de compensação

1. Verificar se o reservatório está limpo;

2. Verificar se o reservatório está devidamente fechado;

3. Verificar se as bóias (mecânicas ou elétricas) estão funcionando corretamente, garantindo o nível adequado.

5 PLANO DE AÇÃO

Considerando a execução do plano de contingência previamente adotado para o retorno do pleno funcionamento, são necessárias a execução das ações descritas neste plano.

5.1 Sistemas de refrigeração e condensação (fechado e semiaberto)

1. Acionar o sistema de circulação de água por pelo menos uma hora sem necessidade de carga térmica;

2. Acionar todos os equipamentos do sistema para que todo o enchimento receba a água circulante;

3. Realizar a purga de todo o ar para fora dos pontos altos do sistema;

4. Garantir que a qualidade da água do sistema esteja dentro da margem dos valores máximos permitidos.

5.2 Torres de arrefecimento

1. Verificar sentido de rotação dos ventiladores;

2. Ajustar o setpoint do termostato da torre;

3. Medir a corrente de funcionamento dos ventiladores e bombas e comparar com a corrente nominal;

4. Garantir que todas as válvulas estejam reguladas de acordo com o projeto;

5. Verificar, após a partida, o nível de água da torre. Haverá novo ponto de equilíbrio. Deve-se fazer a regulagem da boia, se necessário, para que não haja perda de água com a parada do equipamento.

5.3 Unidade resfriadora de líquido - Chiller

1. Garantir que todas as válvulas estejam reguladas de acordo com o projeto;

2. Regular setpoint do sistema;

3. Verificar as correntes de operação dos sistemas elétricos;

4. Certificar-se de que no momento da partida, as bombas estejam ligadas;

5. Verificar manômetro diferencial no Chiller.

6 CONCLUSÕES

Tendo em vista o impacto que a falha no funcionamento dos sistemas de climatização e refrigeração podem causar às edificações, os planos de contingência e ação aqui propostos constituem procedimentos de extrema importância para possibilitar a retomada imediata das atividades, mesmo após um evento de parada não programada. Os planos buscam definir as atividades a serem executadas nos sistemas com objetivo de inibir e mitigar a degradação dos equipamentos, mantendo a vida útil destes e reduzindo o impacto financeiro do retorno das operações.

AGRADECIMENTOS

Nosso agradecimento especial à instituição ABRAVA e às empresas TRANE, ALPINA, INTERNATIONAL, CARRIER, KÖRPER e GHS BRASIL pela atenção dispensada, bem como envio de manuais e materiais de consulta.

REFERÊNCIAS

ABRAVA. **Plano de tratamento químico visando longas paradas e retomada em sistemas AVAC-R – RENABRAVA 10**. 2020. Disponível em: <https://abrava.com.br/wp-content/uploads/2020/04/RENABRAVA-10-28-de-abril-2020.pdf>. Acesso em: 19 mar. 2021.

ALPINA. **Manual de instruções, operação e manutenção**: Torre de resfriamento. São Paulo, 2008.

CARRIER. **Manual de instalação, operação e manutenção**: AQUAFORCE 30XA 120 – 350, Resfriador de líquido (Chiller), tipo parafuso com condensação a ar. Disponível em: http://cdn.carrieroabrasil.com.br/downloads_docs/4ed79-IOM-AquaForce-30XA--00DCC700100000A--E-11-14--view-.pdf. Acesso em: 19 mar. 2021.

GENTIL, V. **Corrosão**. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2017.

GHS. **Plano auxiliar de contingência para clientes GHS**. Rio de Janeiro, 2020. Disponível em: <https://www.ghsbrasil.com/plano-de-contingencia-aos-clientes-ghs/>. Acesso em: 19 mar. 2021.

INTERNATIONAL REFRIGERAÇÃO. **Manual de instruções para operação e instalação**: Torre de resfriamento de água. Disponível em: https://www.internationalrefrigeracao.com.br/download/MANUAL_TORRE_%20DE_RESFRIAMENTO.pdf. Acesso em: 19 mar. 2021.

KÖRPER. **Manual de instruções torre de resfriamento**: série Q, modelos 90 ao 1700. São Paulo.

MANCUSO, P. C. S. **Reúso de água para torres de resfriamento**. São Paulo: e-Coleções FSP/USP, 2001. Disponível em: <http://colecões.sibi.usp.br/fsp/items/show/2389>. Acesso em: 23 abril 2021.

MILLER, R.; MILLER, M. R. **Air conditioning and refrigeration**. Estados Unidos: The McGraw-Hill Companies, 2006.

SILVA, M. N. **Eficiência energética em sistemas de refrigeração industrial e comercial**. Rio de Janeiro: ELETROBRÁS, 2005.

TRANE. **Instalação, operação, manutenção**: Resfriadores de líquido a água tipo parafuso série R. Disponível em:
[https://www.trane.com/content/dam/Trane/Commercial/lar/br/produtos-sistemas/equipamentos/Chillers/Chillers_Parafuso/Condensacao_Agua/RTWD_RTUD-Serie_R/Catalogo_IOM-RTWD\(RLC-SVX09D-PT\).pdf](https://www.trane.com/content/dam/Trane/Commercial/lar/br/produtos-sistemas/equipamentos/Chillers/Chillers_Parafuso/Condensacao_Agua/RTWD_RTUD-Serie_R/Catalogo_IOM-RTWD(RLC-SVX09D-PT).pdf). Acesso em: 20 abril 2021.