

Sistemas Primário + Secundário X Primário Variável e Síndrome do Baixo Diferencial de Temperatura

Por J. Fernando B. Britto
Ago/2024

Décadas atrás, os chillers não permitiam operar com variação da vazão de água gelada em seus evaporadores, o que acarretava congelamento e danos catastróficos.

Nesse período, utilizavam-se bombas de vazão constante associadas a válvulas de controle de 3 vias, que desviavam parte da água da rede de alimentação para a rede de retorno, conforme a carga térmica requerida na serpentina dos condicionadores.

Para garantir que cada fan & coil recebesse a vazão para a qual foi projetado, utilizavam-se válvulas de balanceamento de forma a equilibrar as resistências fluidodinâmicas da rede e distribuir os escoamentos corretamente, conforme representado no diagrama da figura 1:

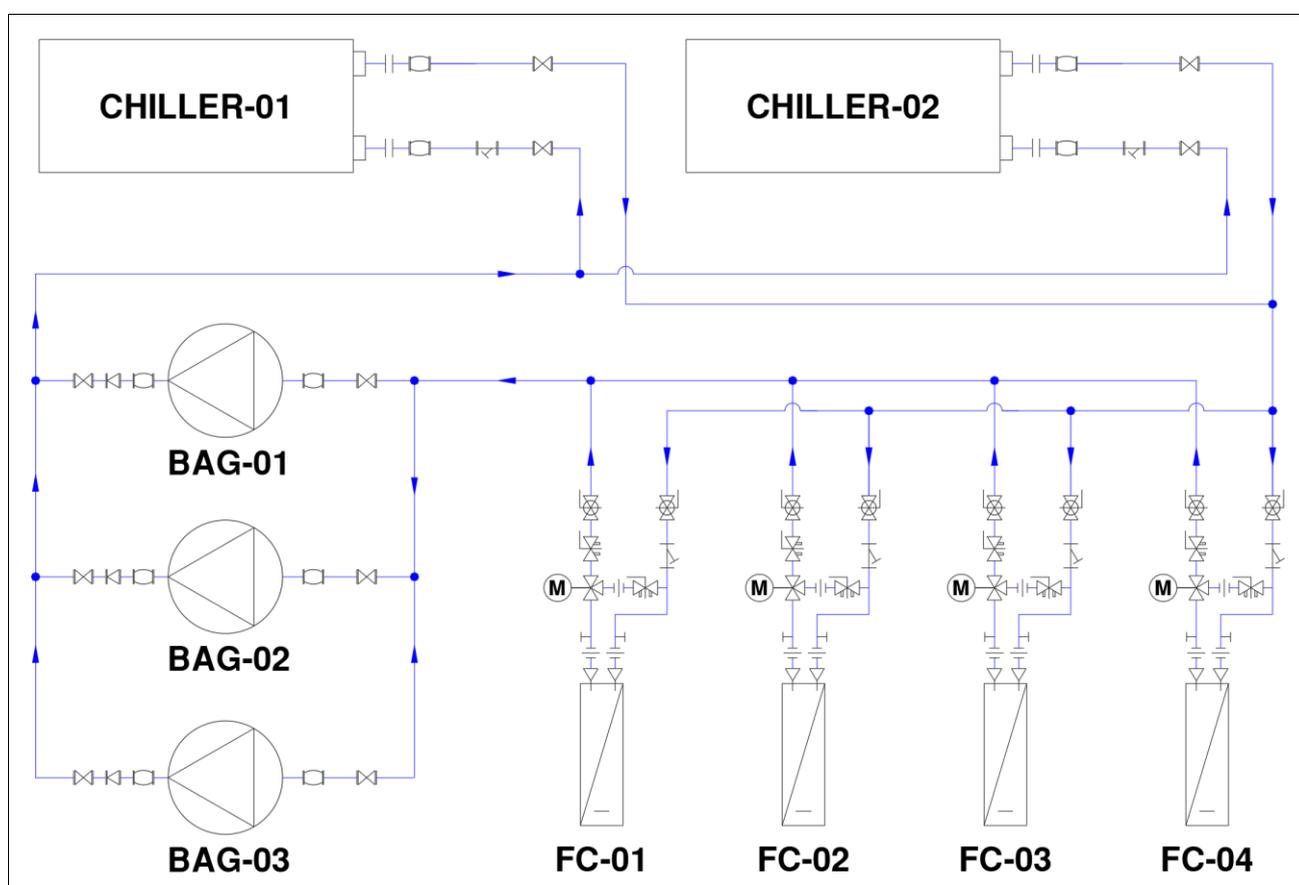


Figura 1 – Diagrama de sistema de vazão fixa

O problema dessa configuração era óbvio: consumia-se muito mais energia que o necessário, tanto no bombeamento que operava com vazão fixa independentemente da carga térmica requerida pelos consumidores, quanto pelo fenômeno da “síndrome do baixo diferencial de temperatura” (LTDS, sua sigla em inglês), pois o by pass ocorrido nos consumidores baixa a temperatura do retorno e causa ineficiência na troca térmica do evaporador, reduzindo o dtml (diferencial médio logarítmico) do trocador de calor e obrigando o chiller a reduzir a pressão de sucção para oferecer a mesma capacidade térmica, gastando mais energia de compressão.

Para minimizar o problema da energia de bombeamento, os sistemas de distribuição de água gelada foram divididos em circuito primário, que capta água da rede que alimenta os condicionadores, chamada de secundária, e a envia para o(s) evaporador(es) do(s) chiller(s), operando com vazão constante para proteção do chiller e com pressão suficiente apenas para vencer as perdas de carga ocorridas no interior da CAG (Central de Água Gelada).

A rede secundária opera captando água gelada da saída dos chillers, bombeando-a até os consumidores e a devolvendo para o anel primário através de um tubo de desacoplamento dos anéis primário e secundário, de onde a(s) bomba(s) primária(s) o captam e enviam novamente para o(s) chiller(s), reiniciando o processo de resfriamento.

A(s) bomba(s) secundária(s) operam com rotação variável conforme a carga (o que economiza bastante energia), sendo montadas “em série” com a(s) primária(s), sendo dimensionada(s) com a pressão necessária para atender as perdas de carga da rede de alimentação dos condicionadores, geralmente maiores que a do anel primário.

Cabe lembrar que bombas centrífugas são turbo-máquinas de deslocamento dinâmico, portanto, não ocorre uma real associação em série, visto que o número de bombas do primário e secundário geralmente divergem, assim como suas vazões e pressões, acarretando que os conjuntos de bombas possuem curvas de operação diferentes e a curva da composição em série, dos conjuntos em paralelo do primário e do secundário, irão interagir com a curva do sistema de forma bastante complexa.

O excedente de vazão que não for consumido pelo anel secundário circulará através do tubo de desacoplamento, se mistura ao retorno do anel secundário e retorna para o(s) chiller(s), conforme representado na figura 2, abaixo:

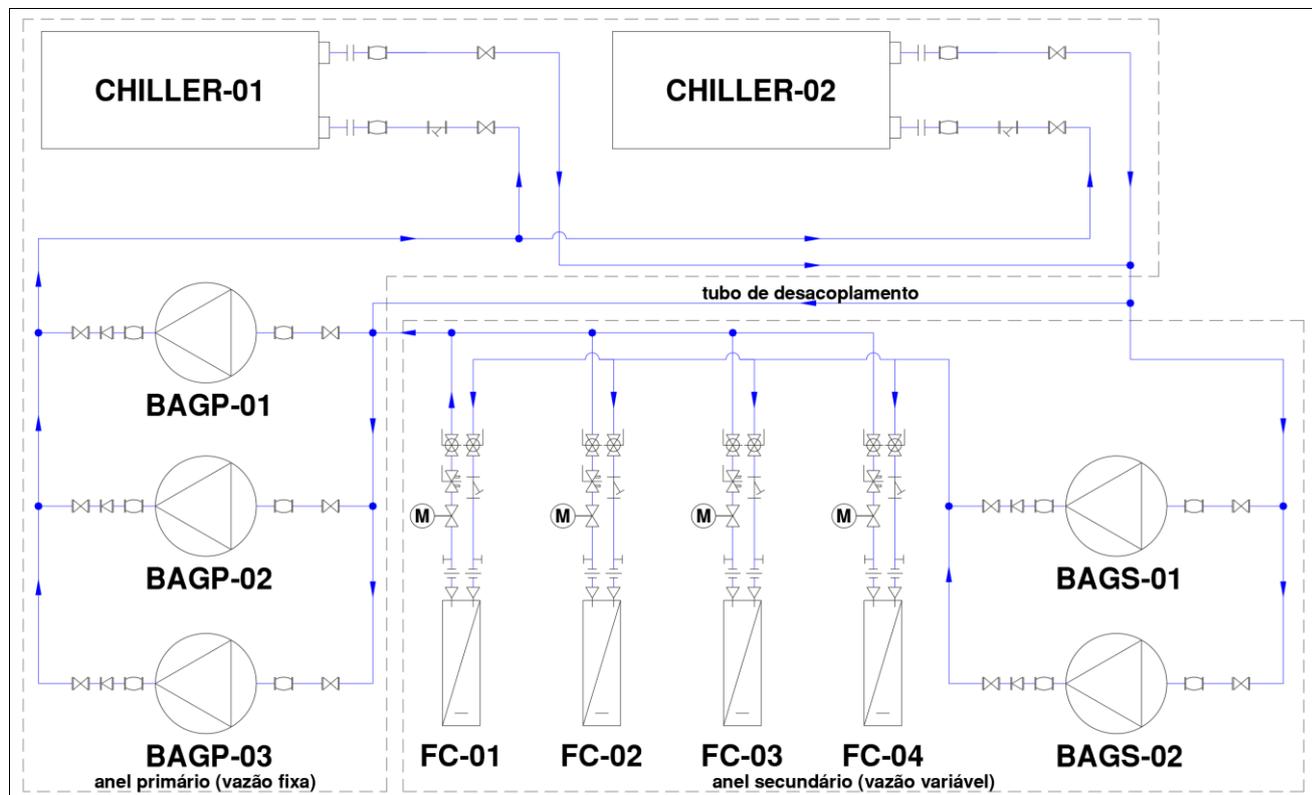


Figura 2 – Diagrama de sistema primário (fixo) + secundário (variável)

Também cabe observar que a LTDS continua existindo, porém, agora está limitada ao interior da CAG, pois, quando o secundário consome menos água gelada do que o primário oferece, o excedente do primário reduz a temperatura do retorno para o chiller.

Algumas instalações adotam reservatórios para o acoplamento, dentro dos quais a vazão do anel primário que não for consumida pelo secundário, transborda para o retorno do primário e se mistura com o retorno do secundário. Obviamente, os efeitos serão o mesmo sobre o diferencial de temperatura.

Com a evolução constante da tecnologia dos chillers, os equipamentos produzidos na última década suportam redução da vazão em seus evaporadores, dentro dos limites especificados por cada fabricante, geralmente suportando operar com (pelo menos) metade da vazão nominal do casco do trocador.

Deste modo, os sistemas secundários deixaram de ser necessários, exceto em instalações com grandes variações de nível ou distâncias, nas quais as bombas secundárias operam como “boosters”, para recuperar a pressão de rede. Na maioria dos casos, os custos de aquisição e operação de dois conjuntos de bombas se torna desnecessário, permitindo utilizar apenas o conjunto primário com vazão variável, como vemos na figura 3, abaixo:

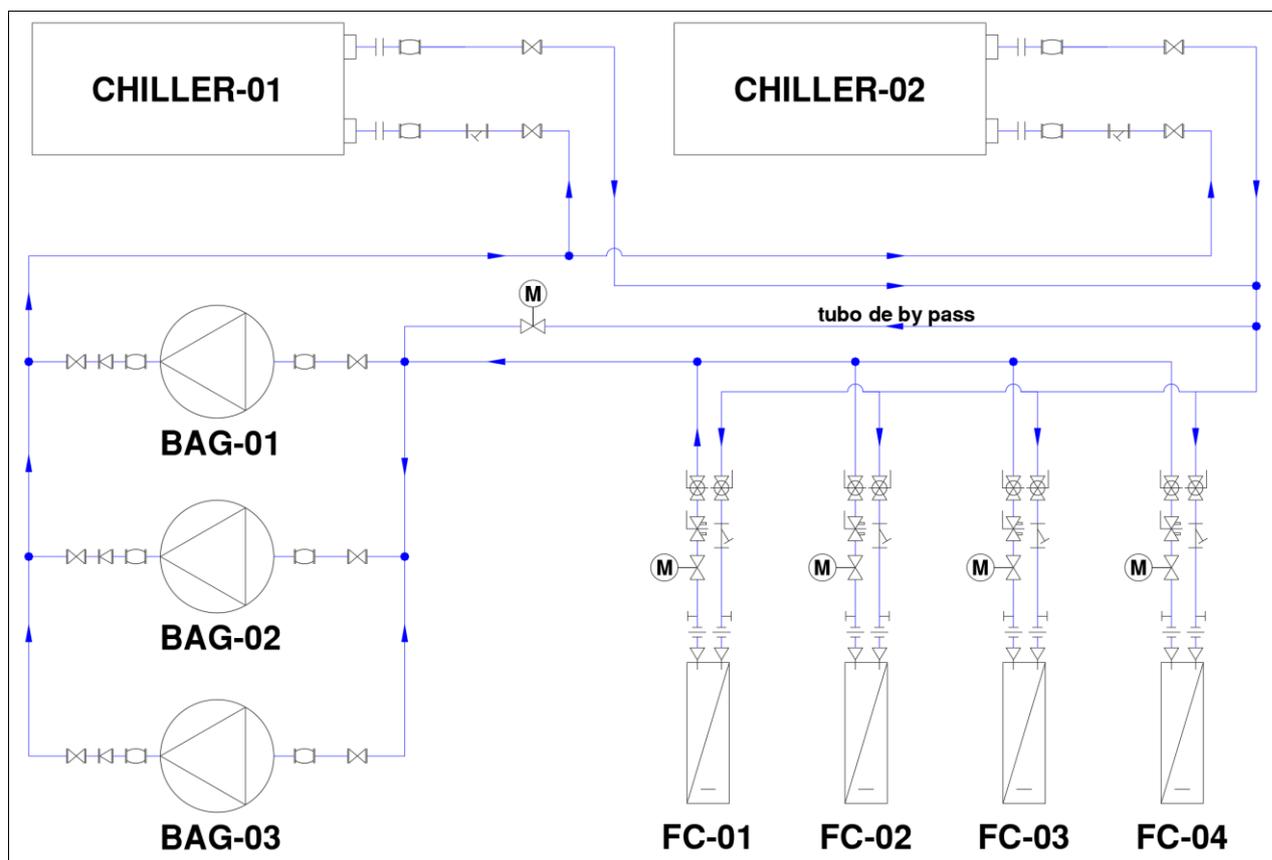


Figura 3 – Diagrama de sistema primário variável

Nesse caso, é utilizada uma válvula de by pass entre a saída dos chillers e retorno das bombas, para garantir a vazão mínima através do(s) chiller(s). Infelizmente, sua operação acaba gerando a LTDS, porém, isso só ocorre caso o sistema esteja operando com carga significativamente baixa, quando não consome a vazão mínima necessária para operação segura do chiller.

Cabe indicar um problema frequente em sistemas primário + secundário: uma vez que as bombas secundárias se destinam a operar com pressões mais elevadas, suas curvas

características também suportam vazões maiores que a do anel primário e, se não houver monitoração da vazão do secundário, pode ocorrer excesso de vazão secundária, o que produz by pass de água de retorno do secundário através do tubo de acoplamento, escoando no sentido contrário e elevando a temperatura do suprimento de água gelada secundário, incorrendo em um looping de retroalimentação, pois os consumidores irão aumentar ainda mais a vazão do secundário, uma vez que a temperatura de suprimento mais alta também lhes produz ineficiência de troca de calor.

Essa situação costuma ser agravada quando se utilizam dispositivos de balanceamento estático (válvulas balanceadoras fixas), pois os consumidores mais próximos tenderão a receber excesso de vazão, uma vez que o balanceamento ocorre para a condição de máxima vazão concomitante, que não se reproduz na vida real.

Assim, como as válvulas próximas operam com pressões mais elevadas à montante, operam com mais água que o necessário e a devolvem com diferencial de temperatura inferior ao recomendado. As válvulas mais distantes operam totalmente abertas pela maior parte do tempo, para conseguir receber a vazão requerida, que geralmente não é obtida nos picos de carga e, como a pressão total da rede cai, devido à abertura da maioria das válvulas, a bomba acelera e pode exceder a vazão do anel primário.

Se o acoplamento do primário ao secundário ocorrer em uma tubulação, a instalação de válvula de retenção no tubo de acoplamento impedirá que a(s) bomba(s) secundária(s) opere(m) com vazão maior que a do anel primário. Porém, continuará não sendo possível oferecer vazão suficiente para consumidores distante se as válvulas dos consumidores próximos não tiver autoridade para limitar o fluxo excedente devido à flutuação da pressão.

Para também solucionar essa condição, atualmente se utilizam válvulas que operam “independentemente da pressão” à montante, o que lhes confere maior autoridade para evitar excesso de vazão.

No entanto, mesmo utilizando válvulas de operação “independente de pressão”, como a porcentagem de abertura é definida pela automação, a LTDS ainda ocorrerá caso as condições termoigrométricas do ambiente não sejam satisfeitas, o que pode estar associado à queda de vazão de ar do sistema por sujidade na serpentina ou no(s) filtro(s), dentre outros problemas.

Além disso, só existe uma forma para efetivamente garantir que a vazão escoada através da válvula seja a vazão solicitada pelo sistema de automação e essa forma requer que a própria válvula meça a vazão que escoar através de si e atue quando ocorrer variação de fluxo não associada ao sinal de controle, uma vez que a característica de “igual porcentagem” das válvulas depende das condições da sede (incrustação), estado do cartucho de regulação da pressão (desgaste da mola e diafragma) e da pressão à montante da válvula que oscila o tempo todo (sendo seus efeitos atenuados pelo cartucho das válvulas puramente mecânicas, causando seu desgaste). Portanto, ao utilizarem-se válvulas “independentes de pressão”, deve-se considerar a aferição periódica e manutenção (se possível) ou troca de seus dispositivos internos.

Para garantir o controle apropriado da LTDS, devem ser empregadas válvulas dotadas de sensores de temperatura de alimentação e retorno, dotadas de controladores integrados que permitam o controle do diferencial de temperatura utilizado pela válvula, limitando vazões excessivas e impedindo a ocorrência de baixo diferencial de temperatura.

Em casos de operação crítica, tais como processos produtivos, a medição do diferencial de temperatura deve ser utilizada como alerta indicativo da necessidade de limpeza da serpentina e/ou troca de filtros, permitindo a vazão excedente para evitar perda de produtividade e programando as necessárias manutenções.