SISTEMAS DE ÁGUA GELADA

PROGRAMA BRASILEIRO DE ELIMINAÇÃO DOS HCFCs

Projeto para o Gerenciamento de Chillers

Projeto Demonstrativo para o Gerenciamento Integrado no Setor de Chillers

CHILLERS EM SÉRIE

Manoel L. S. Gameiro – Trane

01/04/2016 - Fortaleza

Execução

SOMAR

Implementação

PNUD

Empoderando vidas. Fortalecendo nações.

Realização

Ministério do Meio Ambiente

GOVERNO FEDERAL BRASIL PÁTRIA EDUCADORA

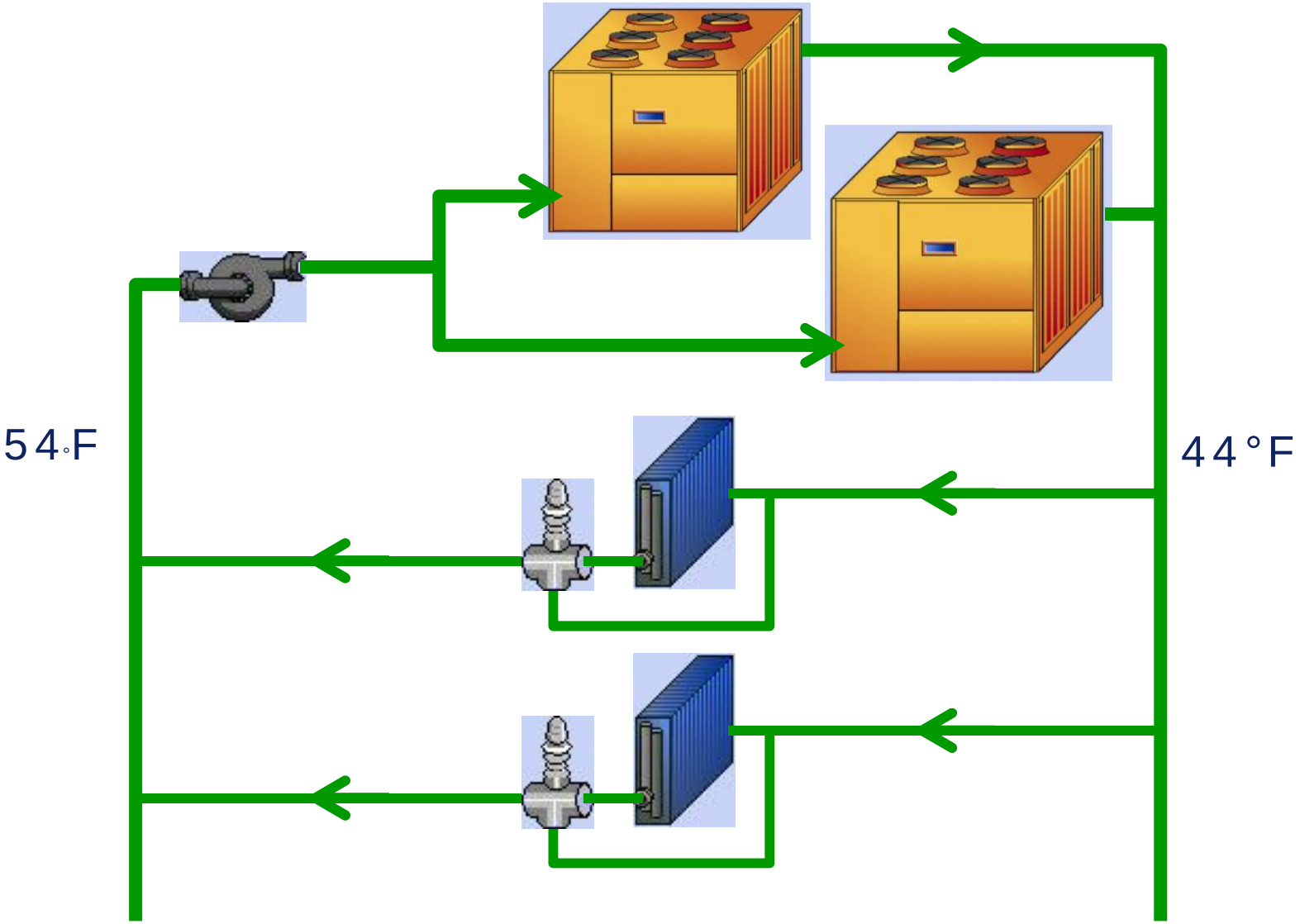
Agenda

- Comparar as implicações de Chillers em Série e em Paralelo;
- Entender os impactos nos tipos de Chiller e na eficiência do Sistema;
- Examinar condensadores em série;
- Vazão variável no anel Primário (VPF);
- Apresentar opções de redundância para Chillers em Série.

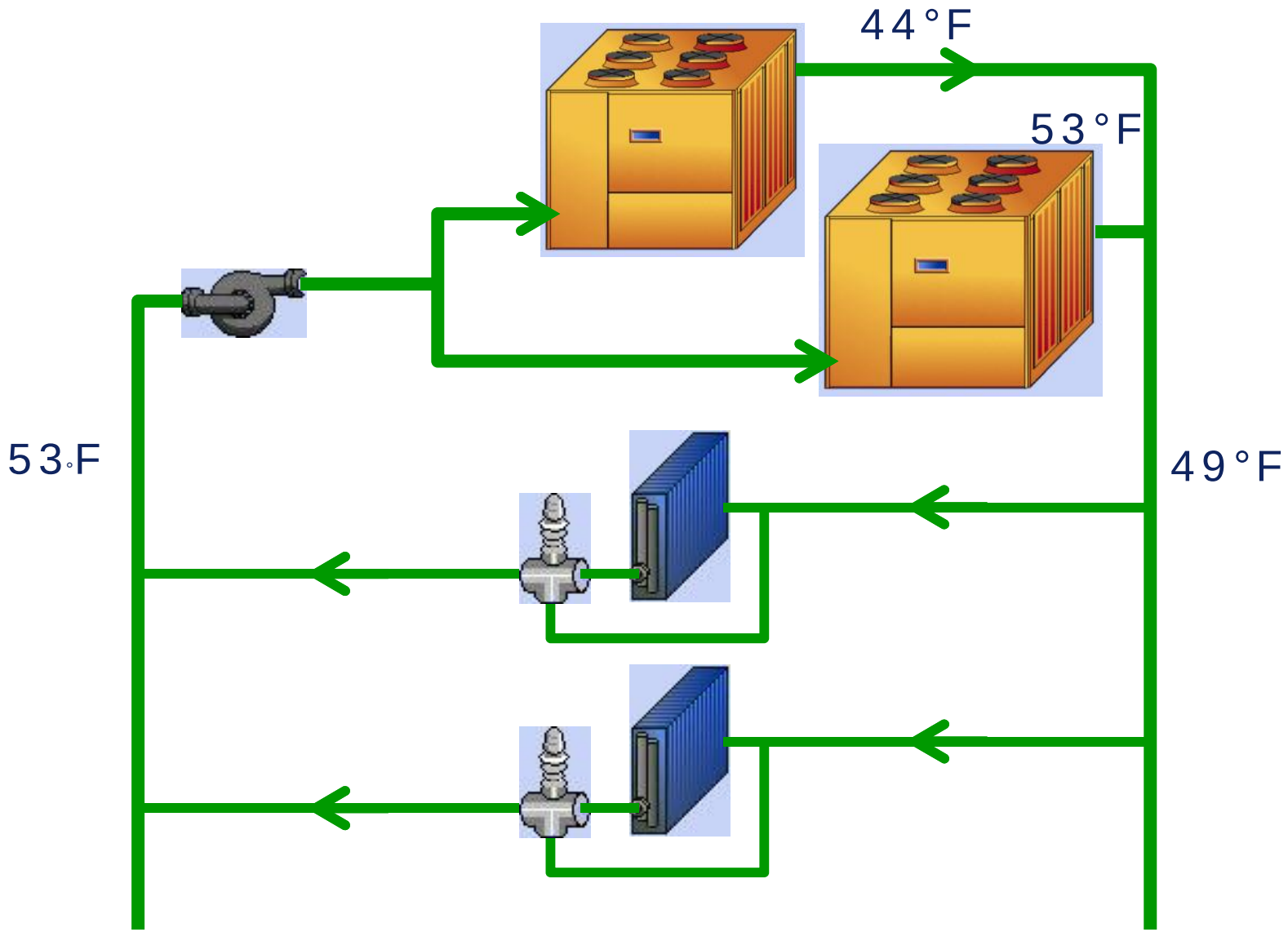
Opções de Configuração

- **Paralelo**
  - **Afetado pela decisão por fluxo constante/ variável;**
  - **Problemas com o sequenciamento de dois Chillers.**
- **Série**
  - **Simplifica o controle da planta;**
  - **$\triangle$T > 14ºF (8ºC);**
  - **Muito propício para VPF.**

Sistema de Bombeamento a Vazão Constante (Chillers Paralelos)

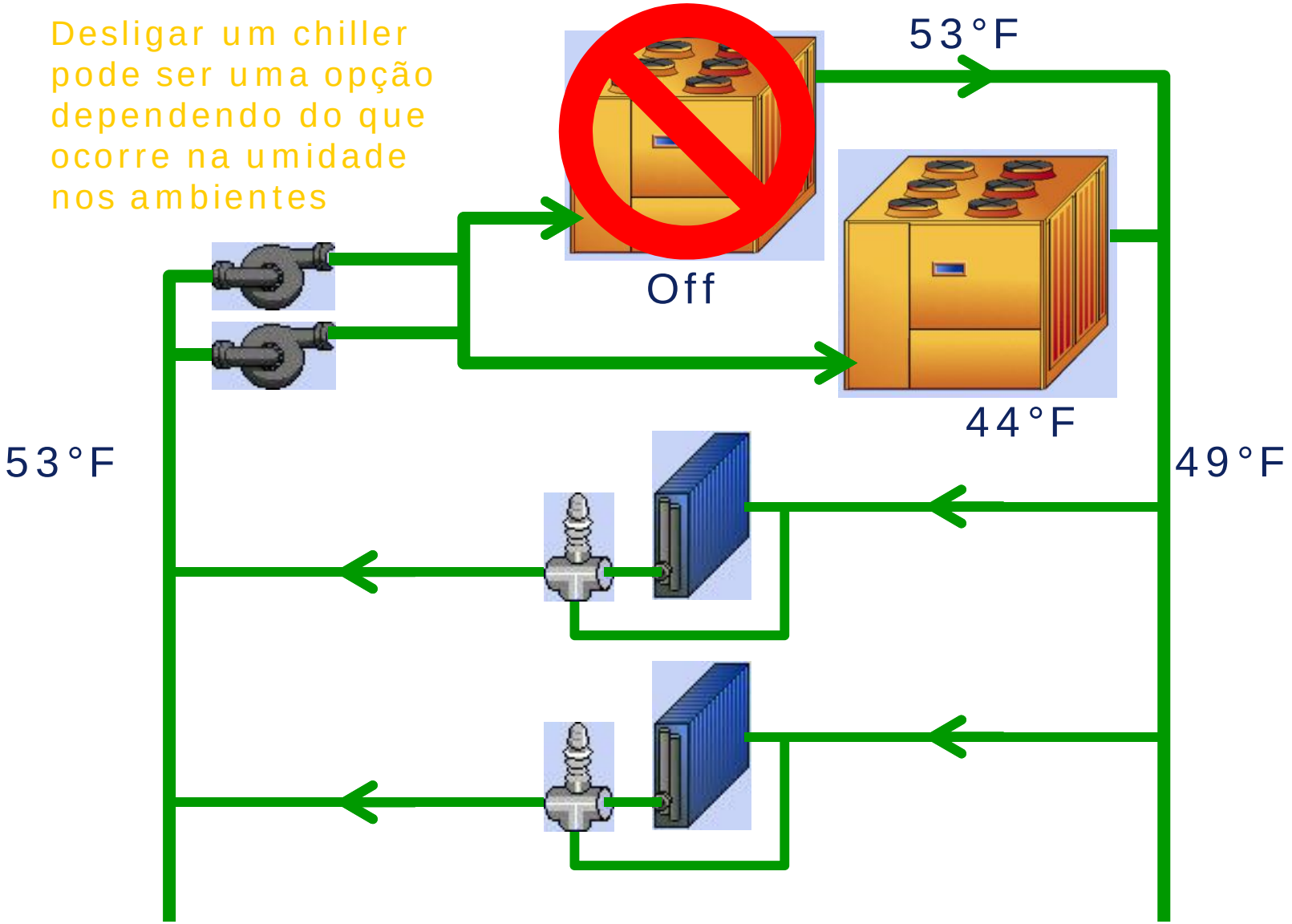


Sistema de Bombeamento a Vazão Constante (40% de carga)



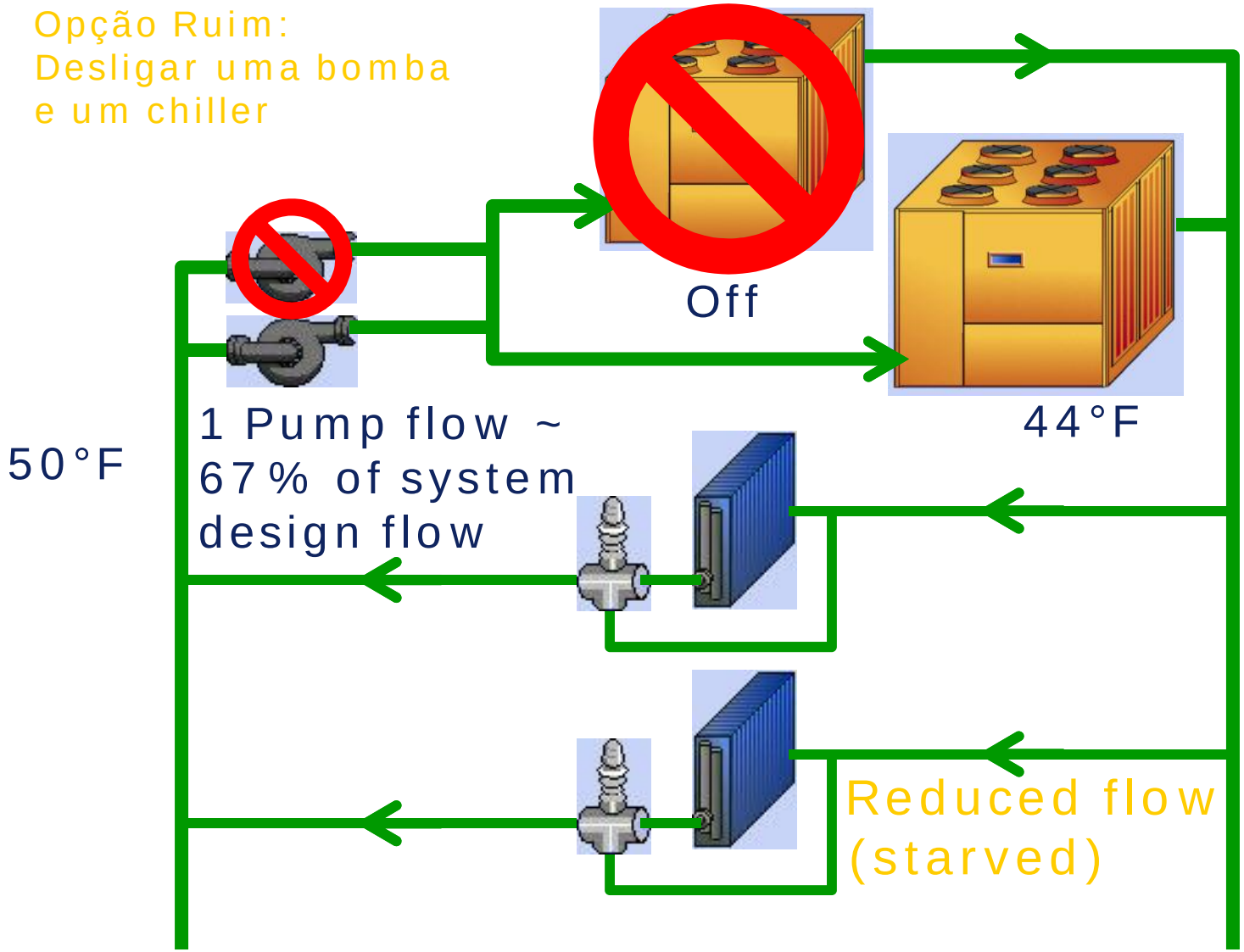
Sistema de Bombeamento a Volume Constante (40% de carga)

Desligar um chiller pode ser uma opção dependendo do que ocorre na umidade nos ambientes



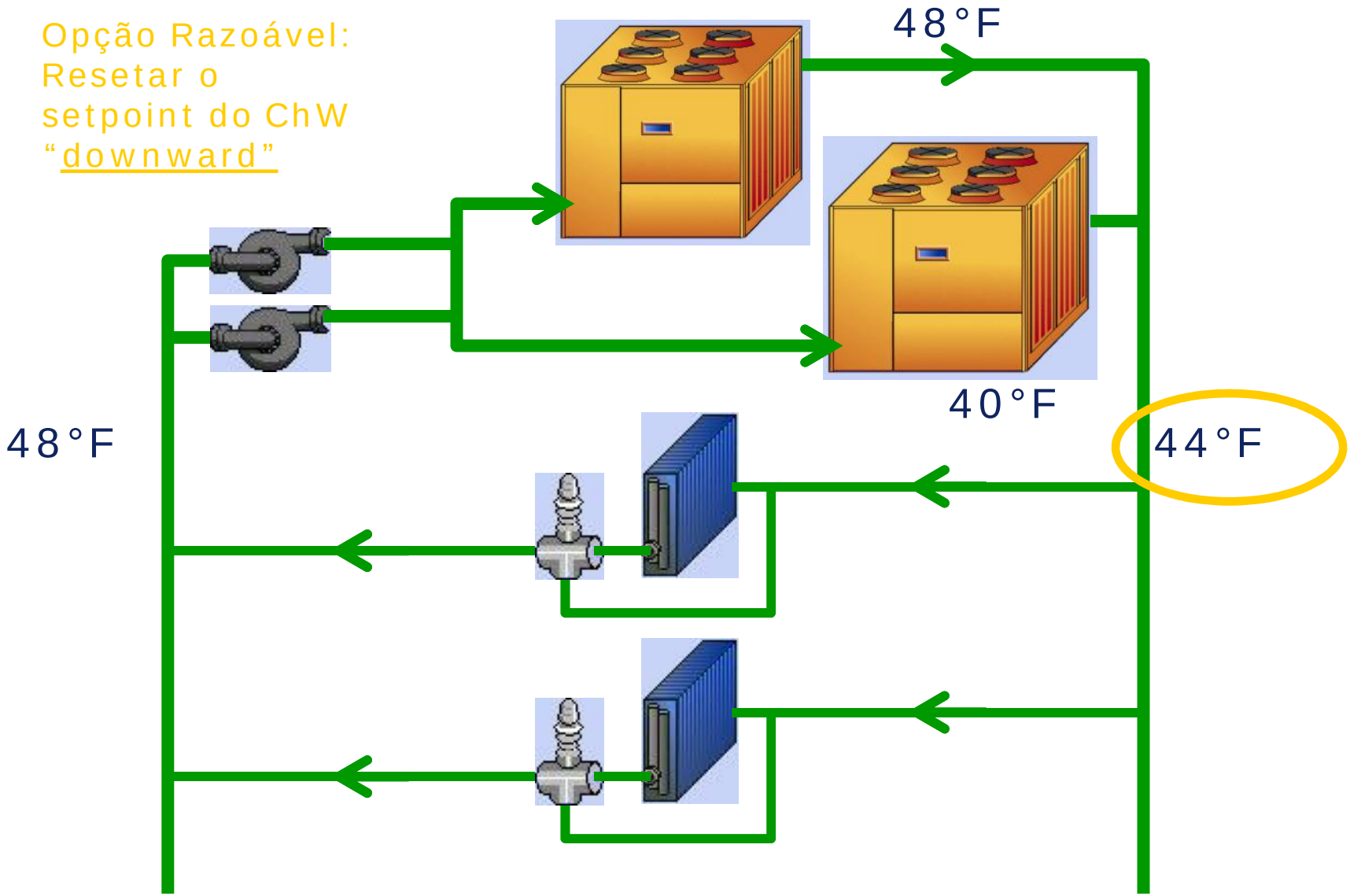
Sistema de Bombeamento a Volume Constante (40% de carga)

Opção Ruim:
Desligar uma bomba
e um chiller



Sistema de Bombeamento a Volume Constante (40% de carga)

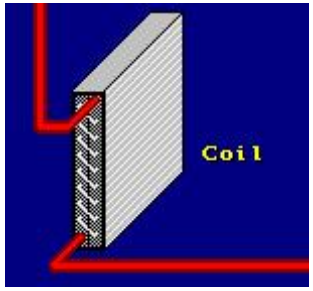
Opção Razoável:
Resetar o
setpoint do ChW
"downward"



△T maior e Aplicações de Retrofit

Como as serpentinas funcionam:

- **É um dispositivo simples de transferência de calor;**
- **Reage a água fria de entrada usando menos água e devolvendo – a mais quente.**



$$Q = U \times A \times LMTD$$

- **ΔT maior é ideal para expansão de sistemas.**

$$Tons = gpm \times DeltaT / 24$$

Desafios para Chillers em Série

Serviços/ manutenção

- **Linha de Bypass: Uma linha pode ser utilizada por ambos os Chillers.**

Energia utilizada pela Bomba

- **Influenciado por queda de pressão e fluxo;**
- **Fluxo do sistema reduzido**
  - **Projeto (aumenta △T)**
    - **Evaporador ΔP2 ≈ ΔP1 x (Fluxo2/Fluxo1)^2**
  - **ASHRAE GreenGuide: 12-20 F ΔT**
  - **Fluxo Primário Variável**
- **Considere passar menos.**

Vantagens de Chillers em Série

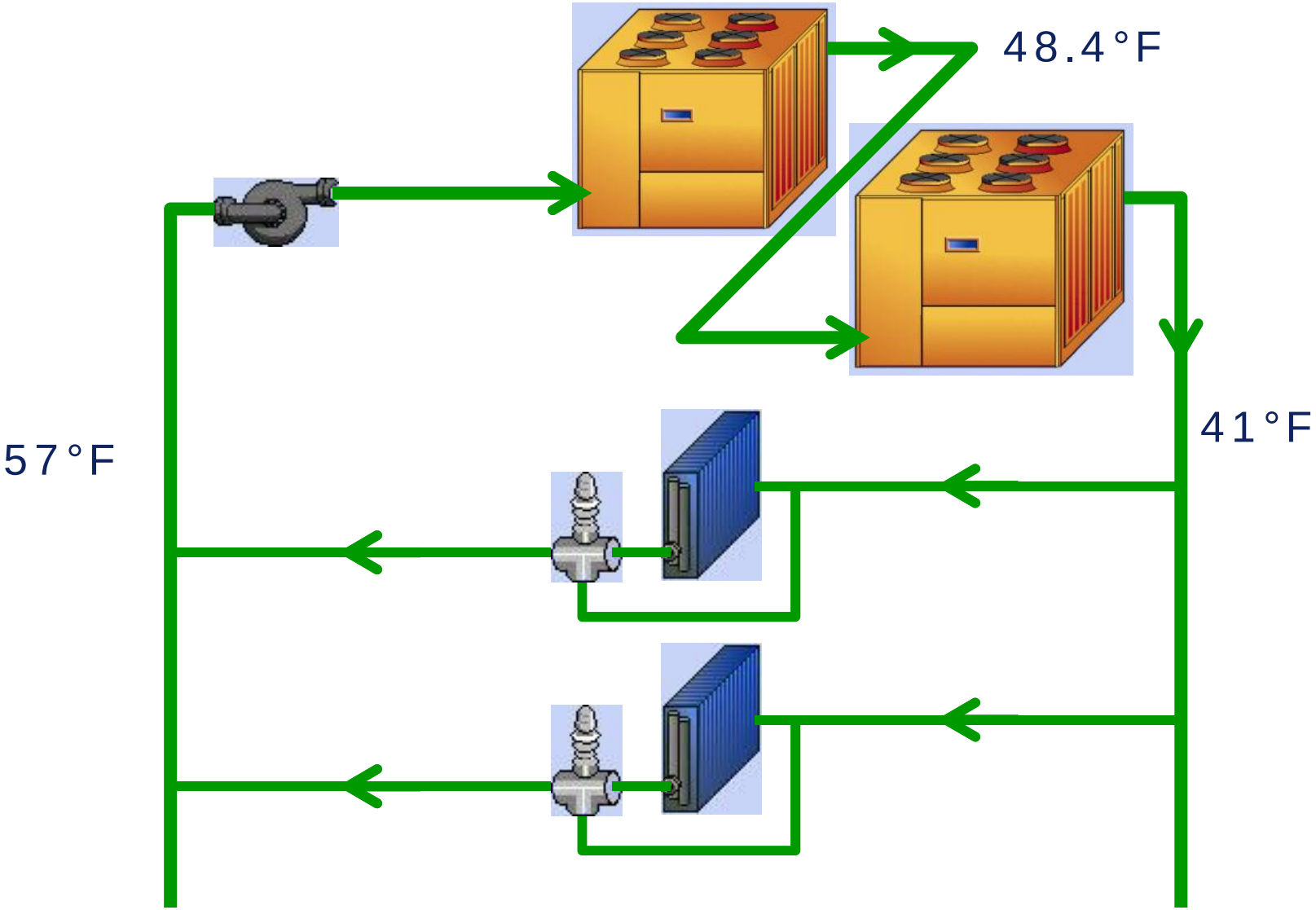
- Chiller “upstream” é mais eficiente;
- Chillers iguais podem entregar maior capacidade;
- Simplifica sistemas de Fluxo Primário Variável (VPF) composto por dois Chillers.

Evaporadores em Paralelo – Série R (compressor parafuso)

Description	EWT (°F)	LWT (°F)	Capacity (tons)	kW/ton		
				Chiller	Pumps	Total
2 Series R, Parallel	54	44	394	1.254	0.0399	1.294
2 Series R, Parallel	57	41	375	1.284	0.0096	1.293

Reduz capacidade total e consumo é praticamente o mesmo

Sistema de Bombeamento de Volume Constante (Chillers em Série)



Efeito de Evaporadores em Série – Série R (compressor parafuso)

Description	EWT (°F)	LWT (°F)	Capacity (tons)	kW/ton		
				Chiller	Pumps	Total
2 Series R, Parallel	54	44	394	1.254	0.0399	1.294
2 Series R, Parallel	57	41	375	1.284	0.0096	1.293
2 Series R, **Series**	57	41	**401**	1.245	0.0195	**1.265**

Consumo total reduz em aprox. 2.3%

Efeito de Evaporadores em Série – Compressor Centrífugo

Description2	EWT (°F)	LWT (°F)	Capacity (tons)	kW/ton		
				Chiller	Pumps	Total
2 Centrifugal, Parallel	54	44	800	0.572	0.0495	0.621
2 Centrifugal, Parallel	57	41	800	0.614	0.0126	0.627
2 Centrifugal, **Series**	57	41	800	**0.566**	0.0395	**0.605**

Consumo total reduz em aprox. 2.6%

Número de Passes

Passe Único

- **Toda água flui através de todos os tubos em uma única direção;**
- **Minimiza queda de pressão da água.**

Passe Duplo

- **Todo o fluxo de água**
  - **Através de metade dos tubos em uma direção;**
  - **Através da outra metade dos tubos na direção contrária.**
- **Maximiza a eficiência do Chiller.**

Passe único reduz perda de carga

Efeito do Número de Passes

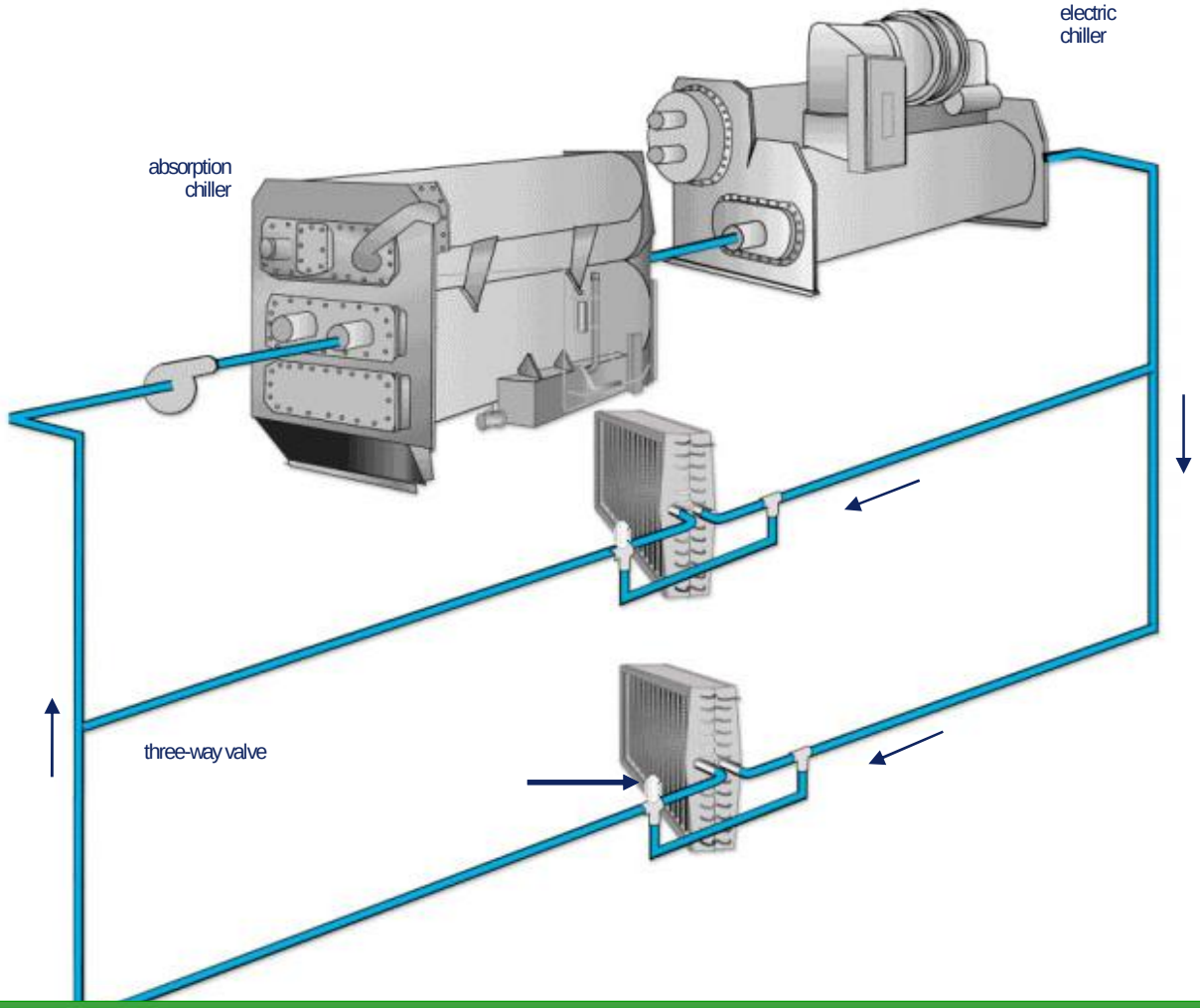
Number of passes	Flow Rate (gpm)	Pressure drop (ft of water)	Efficiency (kW/ton)
1	1200	4.8	.633
2	1200	38.6	.603

Efeito de Evaporadores em Série - Centrífugo

Description	EWT (°F)	LWT (°F)	Capacity (tons)	kW/ton Chiller	Pumps	Total
2 Centrifugal, Parallel	54	44	800	0.572	0.0495	0.621
2 Centrifugal, Parallel	57	41	800	0.614	0.0126	0.627
2 Centrifugal, Series	57	41	800	0.566	0.0395	0.605
2 Centrifugal, Series, 1 Pass Evap	57	41	800	0.575	0.0133	**0.588**

Consumo total reduz em aprox. 5.3%

Efeitos de Evaporadores em Série - Absorção



Maquina de absorção também funciona bem com sistemas em serie

Efeitos de Evaporadores em Série - Absorção

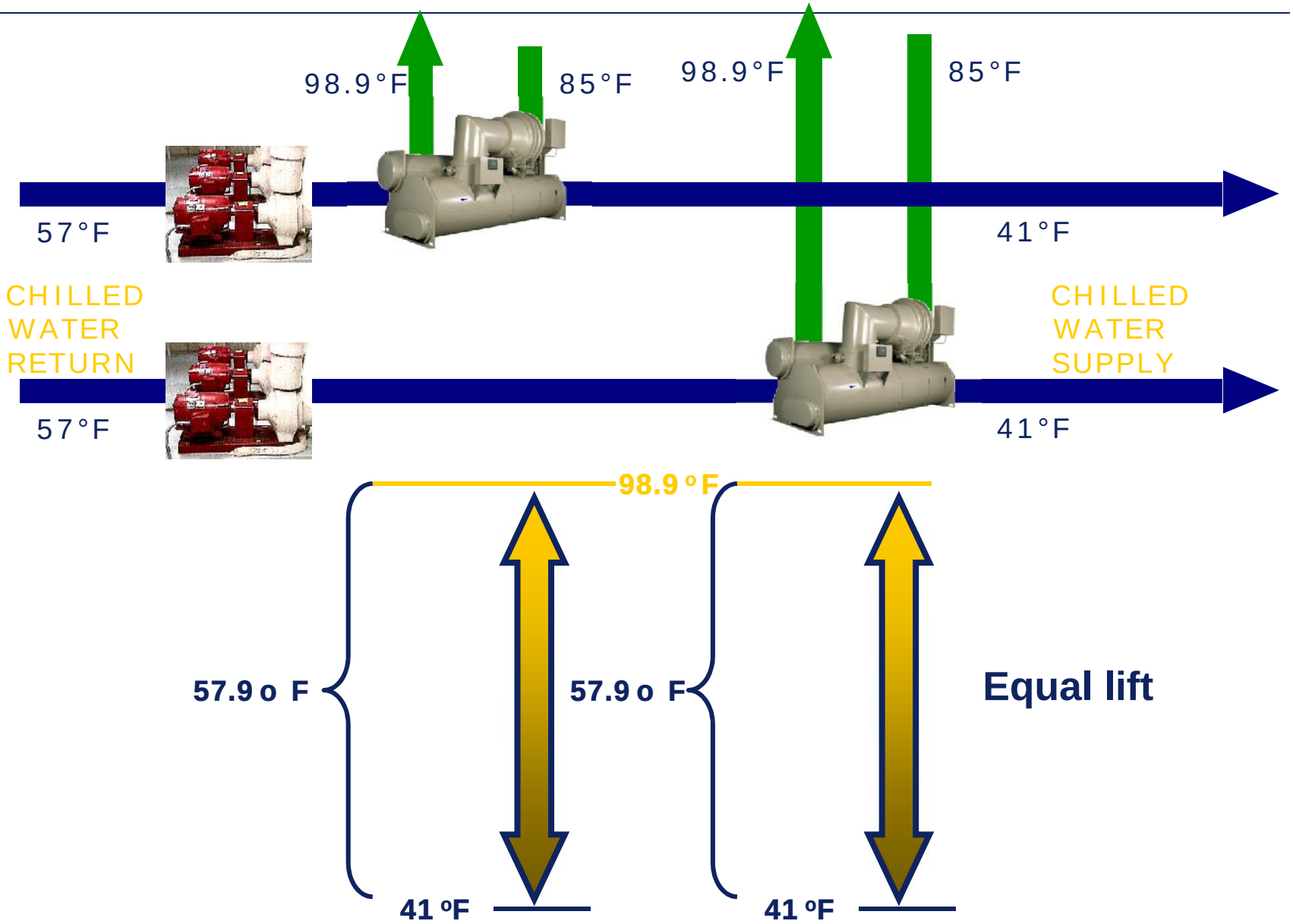
- **Temperatura da Água de Saída 44°F**
  - **405 tons**
  - **1.20 COP**
- **Temperatura da Água de Saída 48.4°F**
  - **447 tons (+10.4%)**
  - **1.24 COP (+3.3%)**

Eficiência melhora em aprox. 3.3%

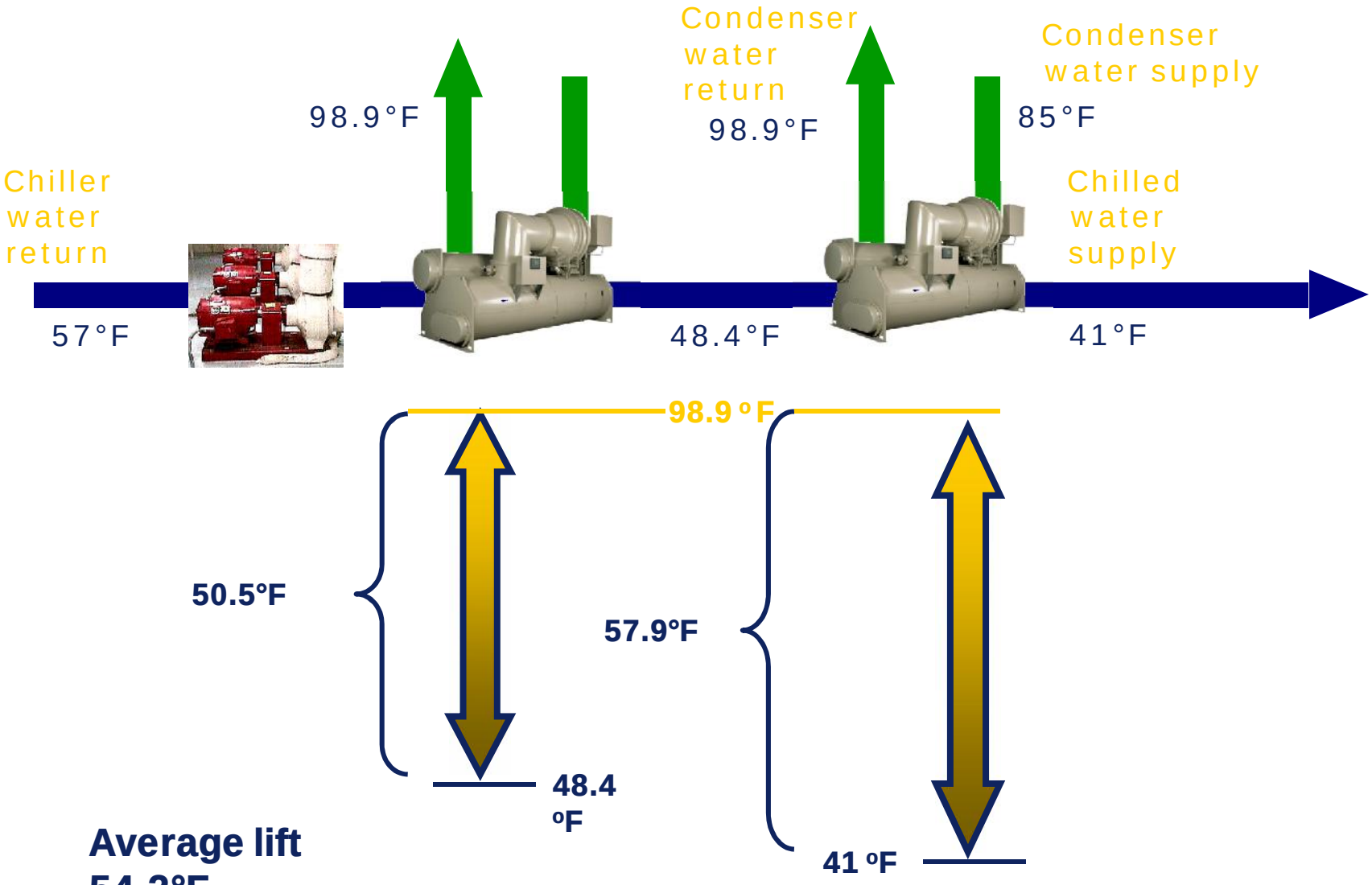
Opções do Sistema

- **Evaporadores em Paralelo – Condensadores em Paralelo**
- **Evaporadores em Série – Condensadores em Paralelo**
- **Evaporadores em Série – Condensadores em Série**
- **Série – Série Contrafluxo – com Chillers Duplex**

Chillers Paralelo - Paralelo



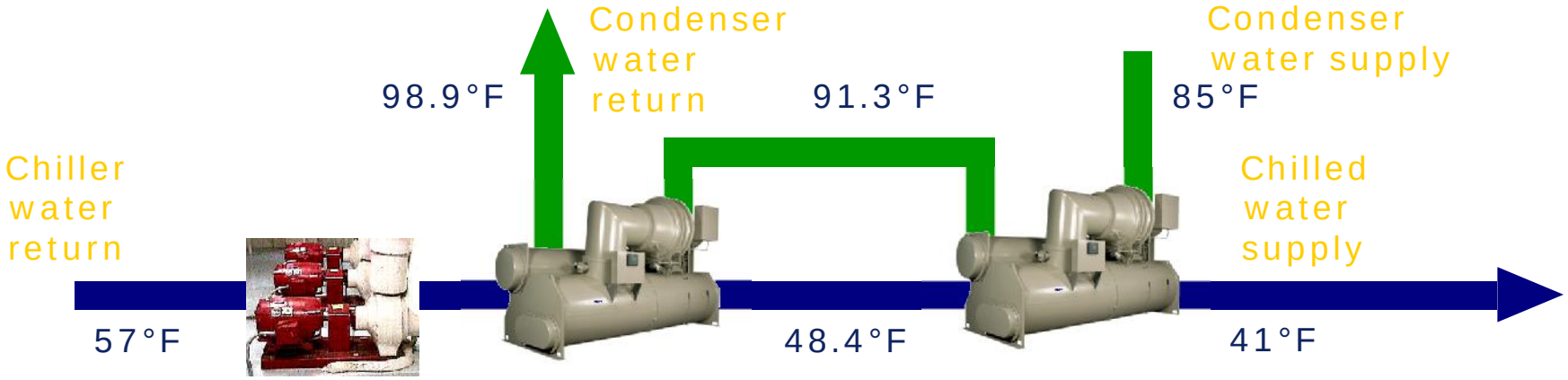
Chillers Série (evap) – Paralelo (cond)

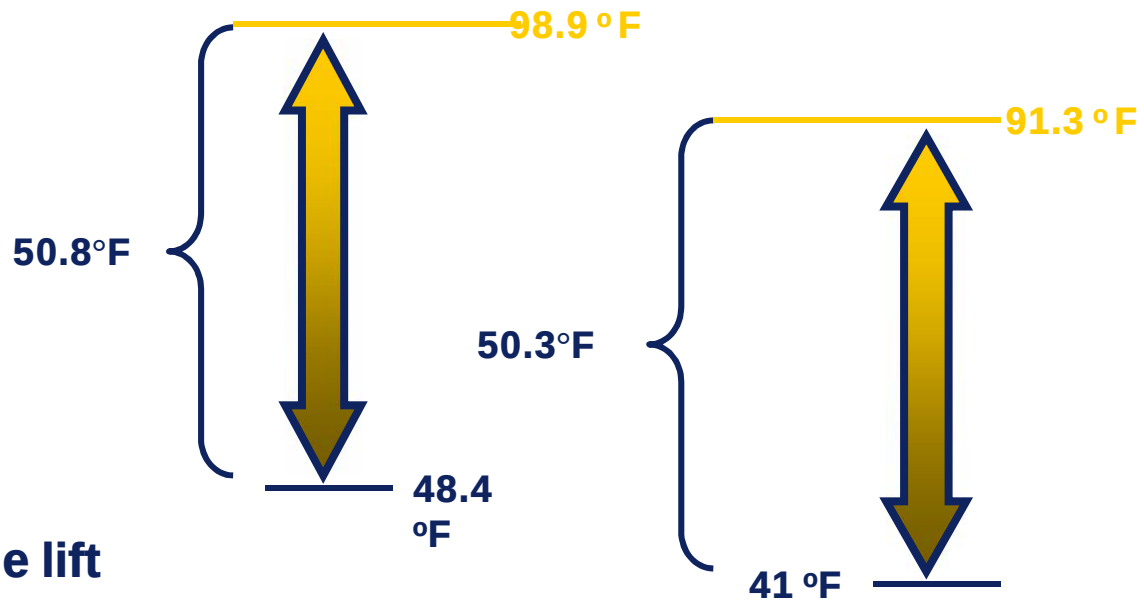


Average lift 54.2°F

~ 6% overall Reduction

Chillers Série - Série



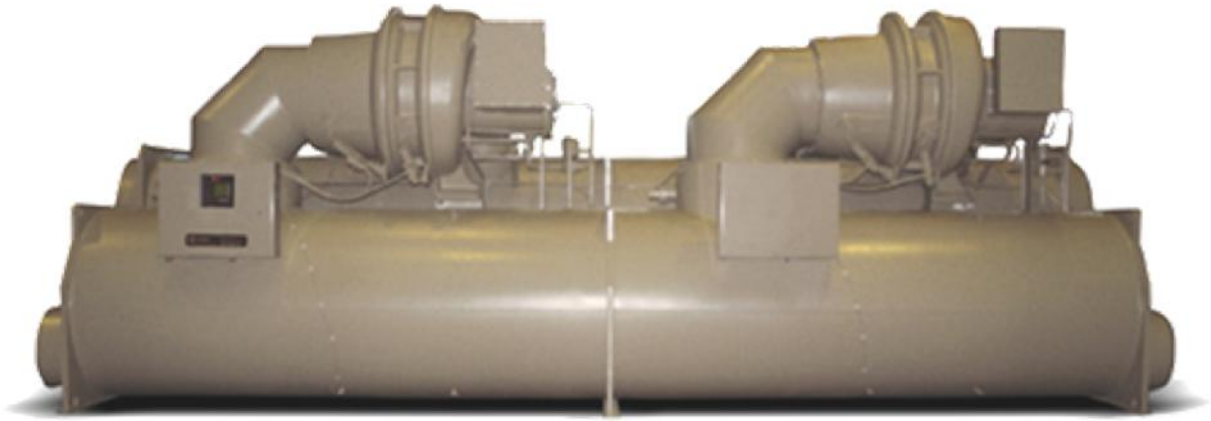


Average lift 50.6°F

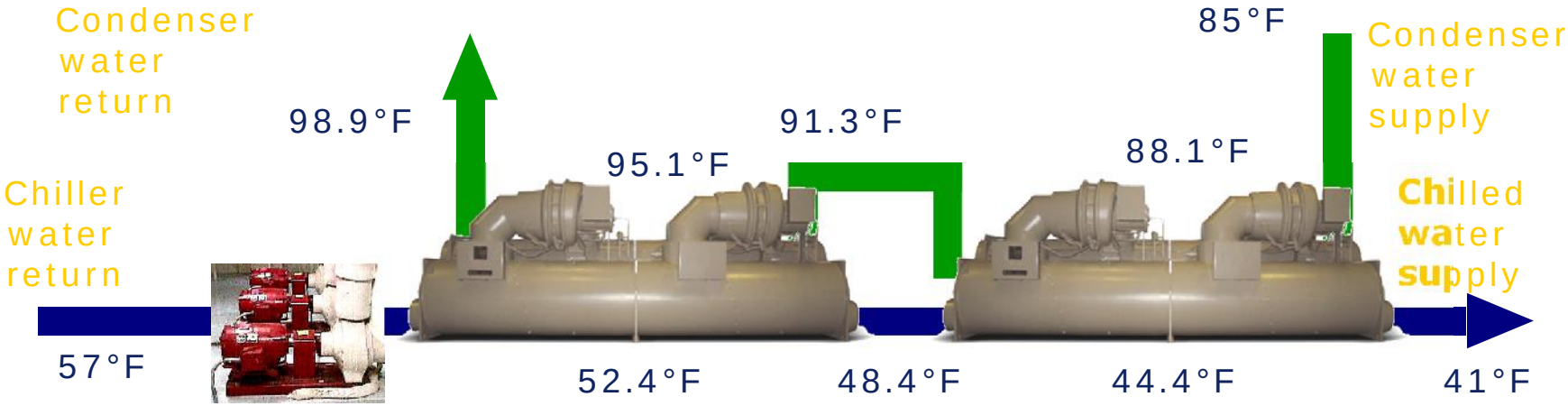
~ 13% overall Reduction

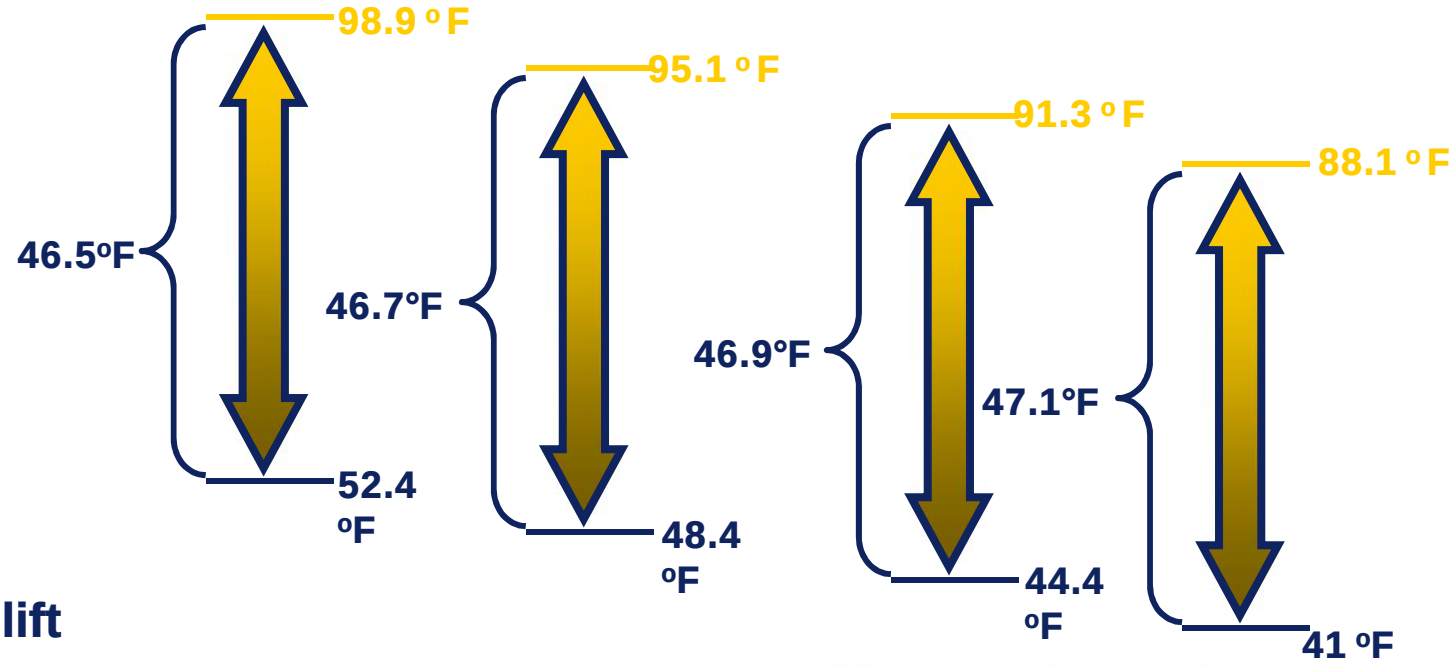
Chillers Duplex

- **Essencialmente um Chiller Série – Série;**
- **“Lift” igual para cada compressor;**
- **13% de redução no “lift” em comparação com Chillers Paralelo – Paralelo.**



Chillers Duplex Série - Série





Average lift 46.8°F

~ 19% overall Reduction

Duplex Série - Série

- **Chamado às vezes de “Contrafluxo em série”;**
- **Chillers Duplex tem evaporadores e condensadores de passe único, o que minimiza o efeito na energia de bombeamento;**
- **Grandes oportunidades para aumentar a eficiência do sistema em grandes projetos.**

Fluxo Primário Variável (VPF)

- **Requisitos do Sistema VPF;**
- **Requisitos de controle do sistema VPF;**
- **Vantagens VPF/Series.**

Sistema VPF: Requisitos de Fluxo

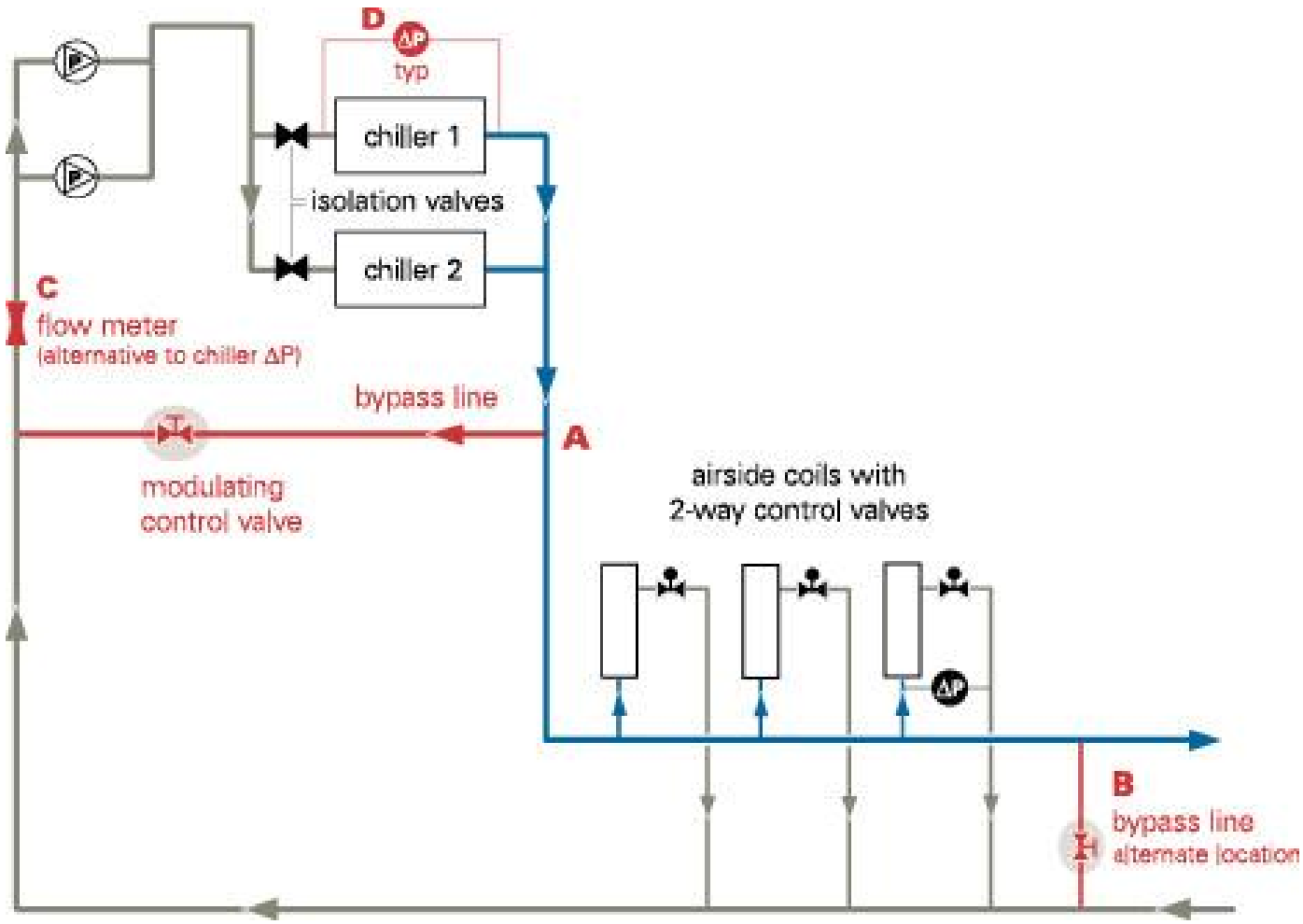
- Limites (consulte o fabricante)
  - Fluxos Absolutos – Mínimo e máximo
  - Alterações na Taxa de Fluxo
    - 2% do fluxo projetado por minuto

      não é bom o suficiente
    - 10% do fluxo projetado por minuto

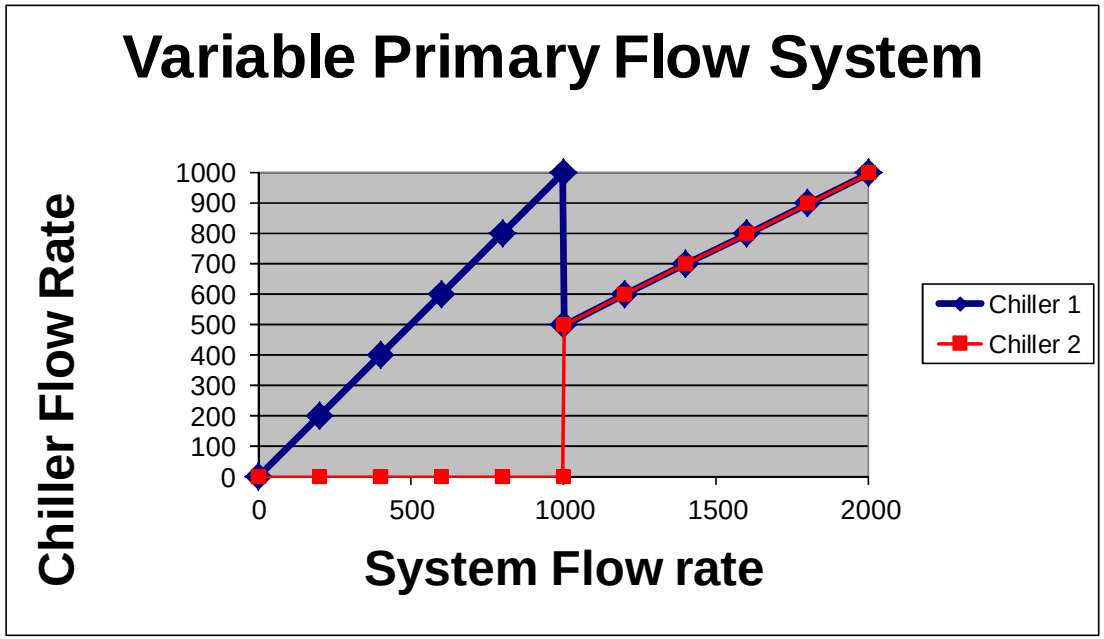
      no limite "borderline"
    - 30% do fluxo projetado por minuto

      muitas aplicações de conforto
    - 50% do fluxo projetado por minuto
- Sempre precisa de "bypass"

Transição da taxa de Fluxo – de 1 para 2



Sistema VPF: Alterações na transição da taxa de fluxo



Cuidado na velocidade de abertura da válvula (fluxo cai 50%)

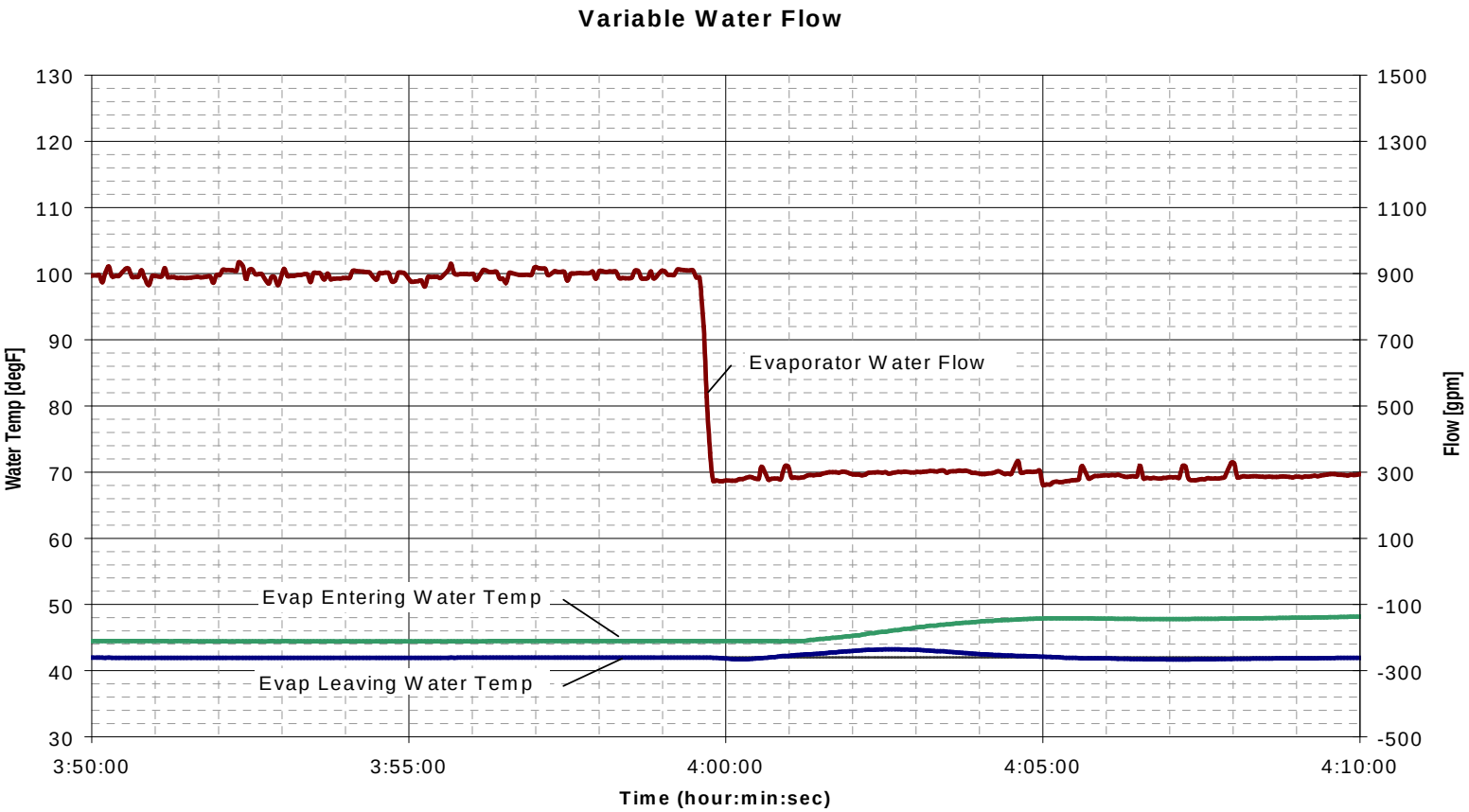
Taxa de Fluxo e Diferença de Temperatura

- **Tons = gpm x aT / 24**
- **Quando gpm cai 50%, aT duplica**
  - **Até que o controlador do chiller controller descarregar o chiller, ou…**
  - **Até que, por medida de segurança, o chiller descarrega desligando o chiller.**

Mudanças na Taxa de Fluxo

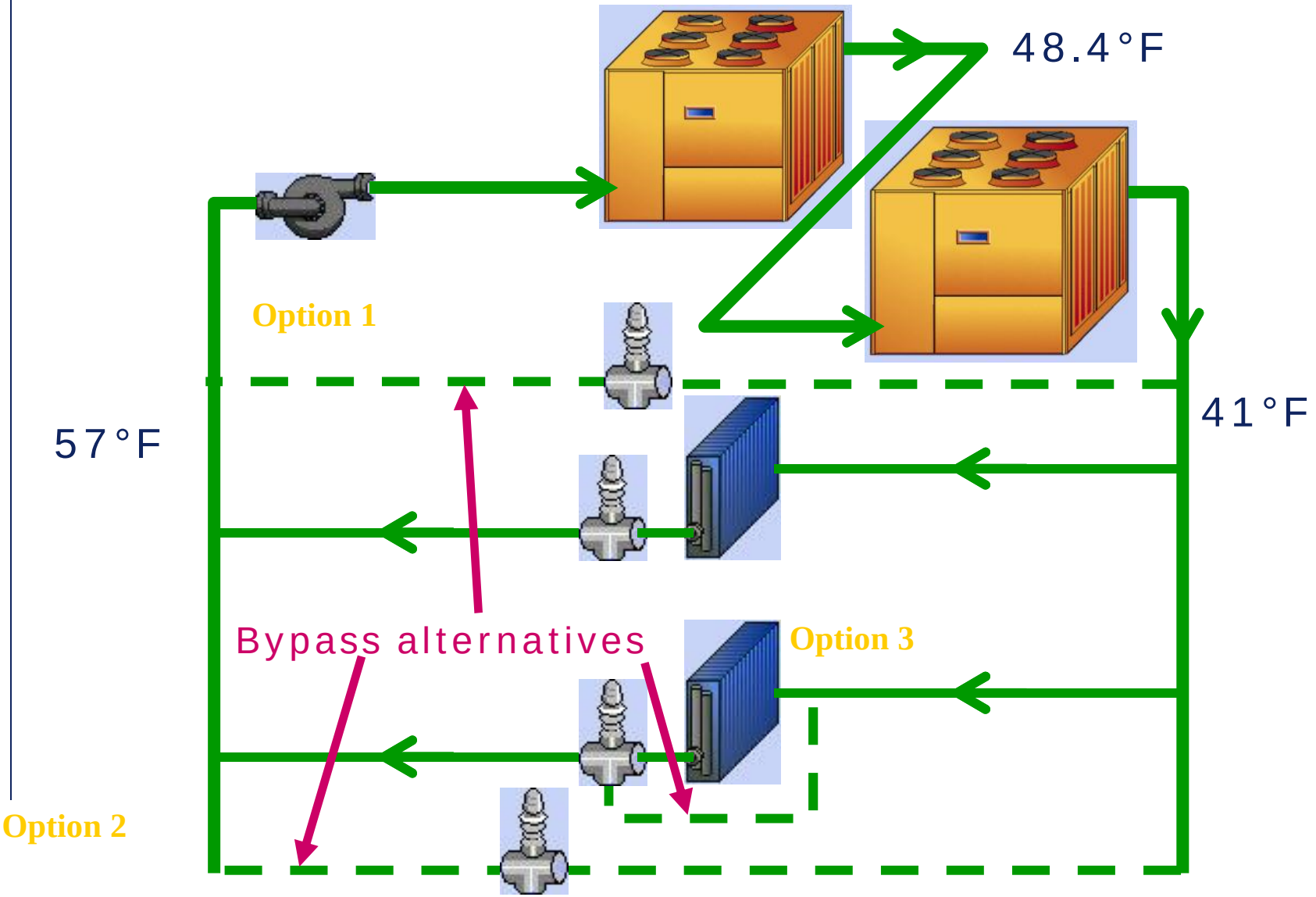
- **Selecione válvulas de isolação que abram em 2-3 minutos;**
- **Selecione chillers que reajam rapidamente a mudanças na taxa de fluxo;**
- **Pergunte o fabricante, "Quando ocorre mudanças na taxa de fluxo, o que acontece com …"**
  - **Temperatura de água de fornecimento do Chiller;**
  - **A velocidade do "drive" de velocidade variável – se ele existir.**

Controle do Chiller

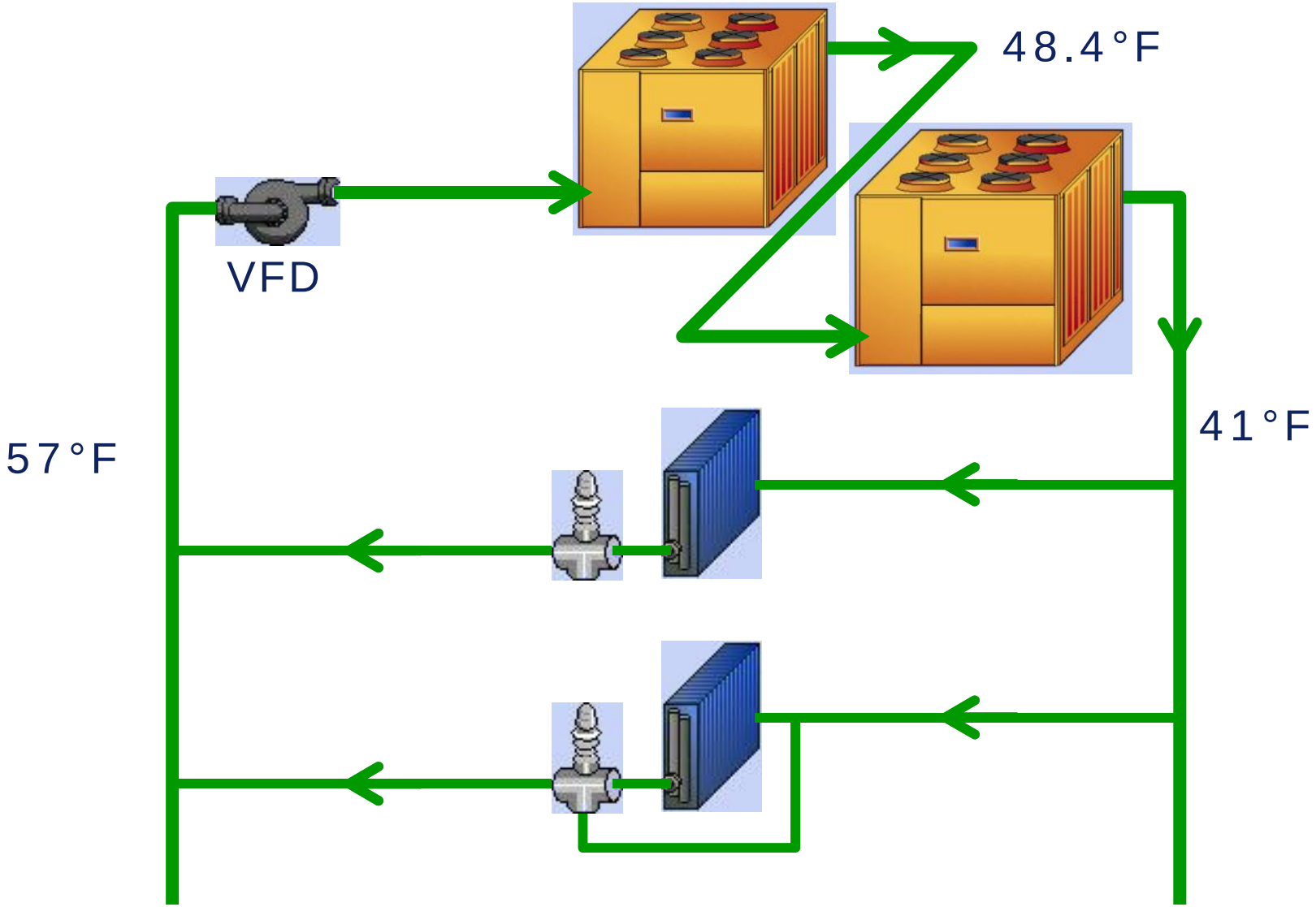


No caso do nosso chiller, ele não é desativado e a variação de temp. é praticamente nula

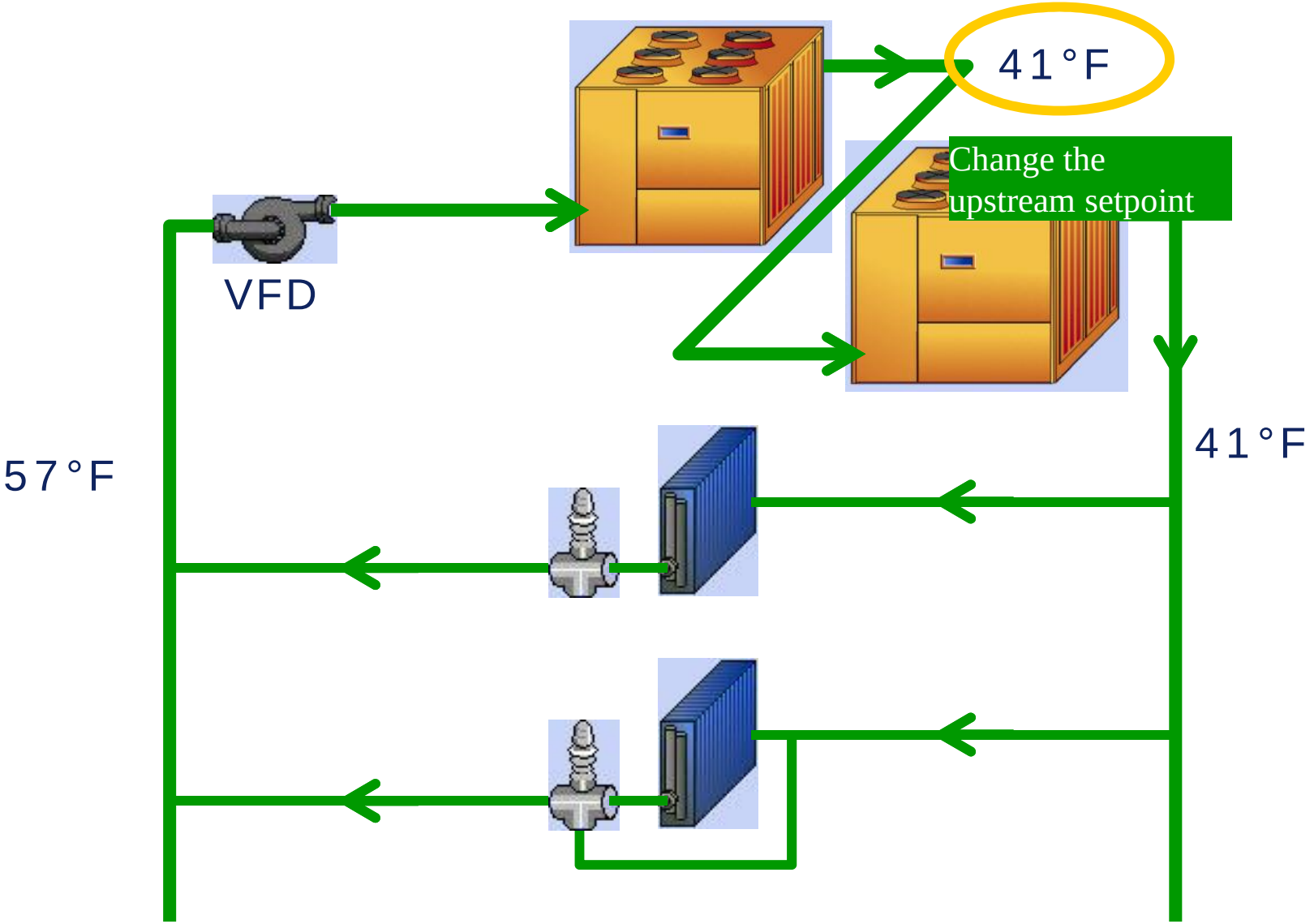
Sistema de Bombeamento de Volume Constante (Chillers em Série)



Sistema de Bombeamento de Volume Constante (Chillers em Série)



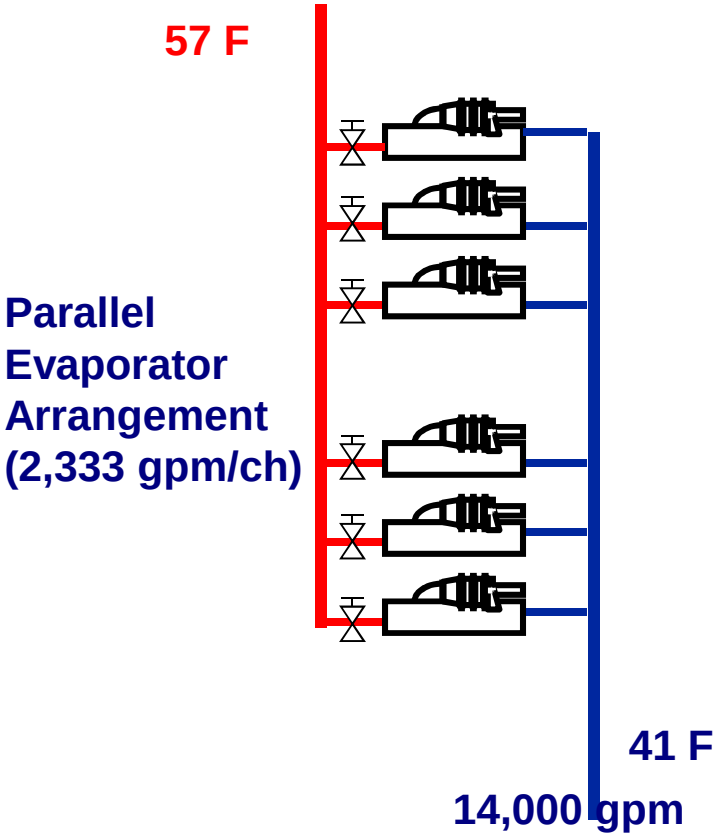
Carregando o Chiller "Upstream" (Chillers em Série)

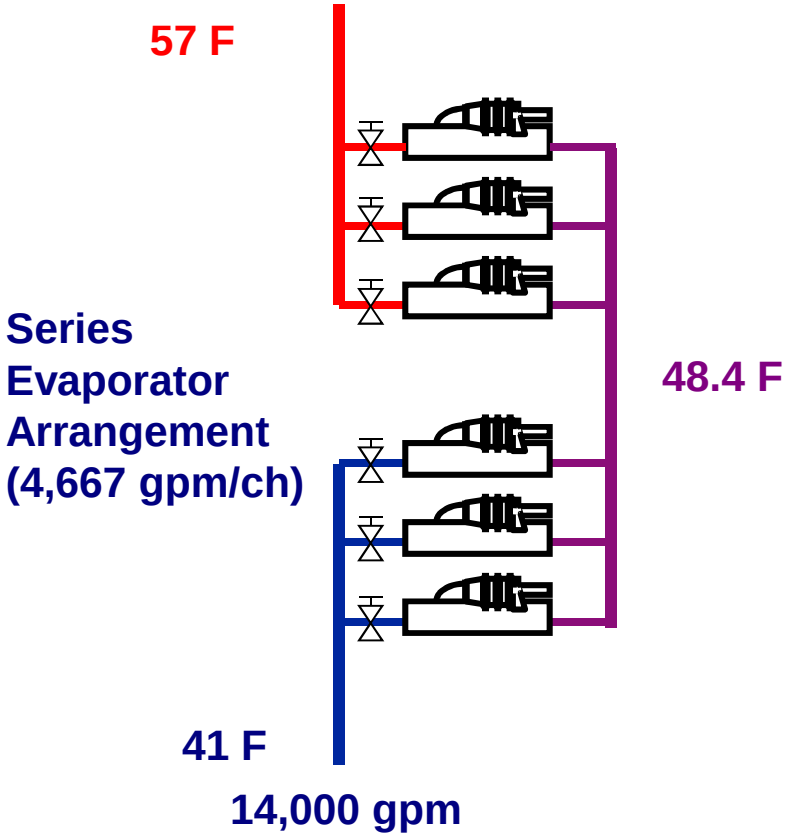


Vantagens de Chillers em Série

- Simplifica o bombeamento e o sequenciamento
  - Sem transições de taxa de fluxo;
  - Torna o VPF simples.
- Chiller "Upstream" opera a temperaturas altas
  - Aumenta a eficiência;
  - Aumenta a capacidade
    - 10% ou mais para absorção.
- Simples carregamento preferencial de chillers
  - Ajustar o "setpoint" do chiller "upstream"
    - Para cima, para descarregar;
    - Para baixo para carregar.

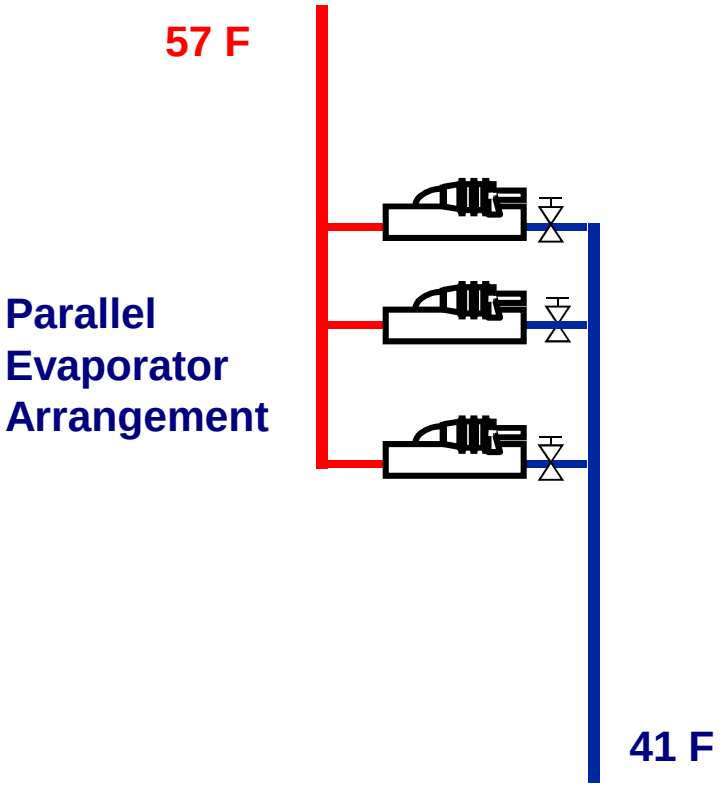
Chillers em Série e Redundância

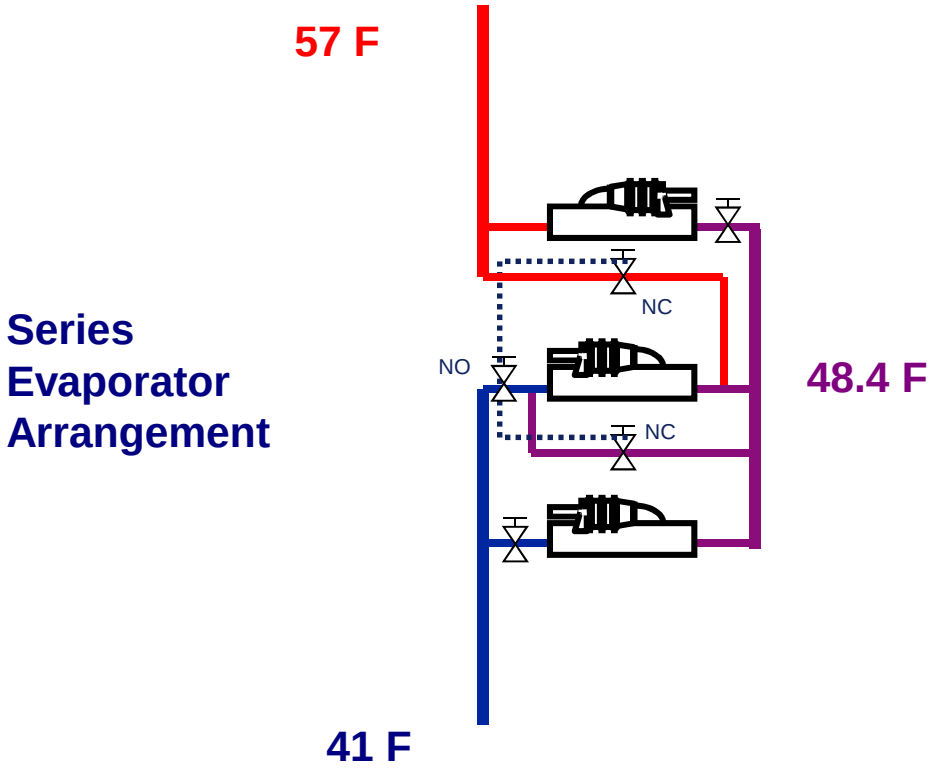




Chillers em Série e Redundância

Número ímpar de Chillers





O chiller do meio pode operar ou em modo “upstream” ou “downstream”

Selecionando Chillers em Série

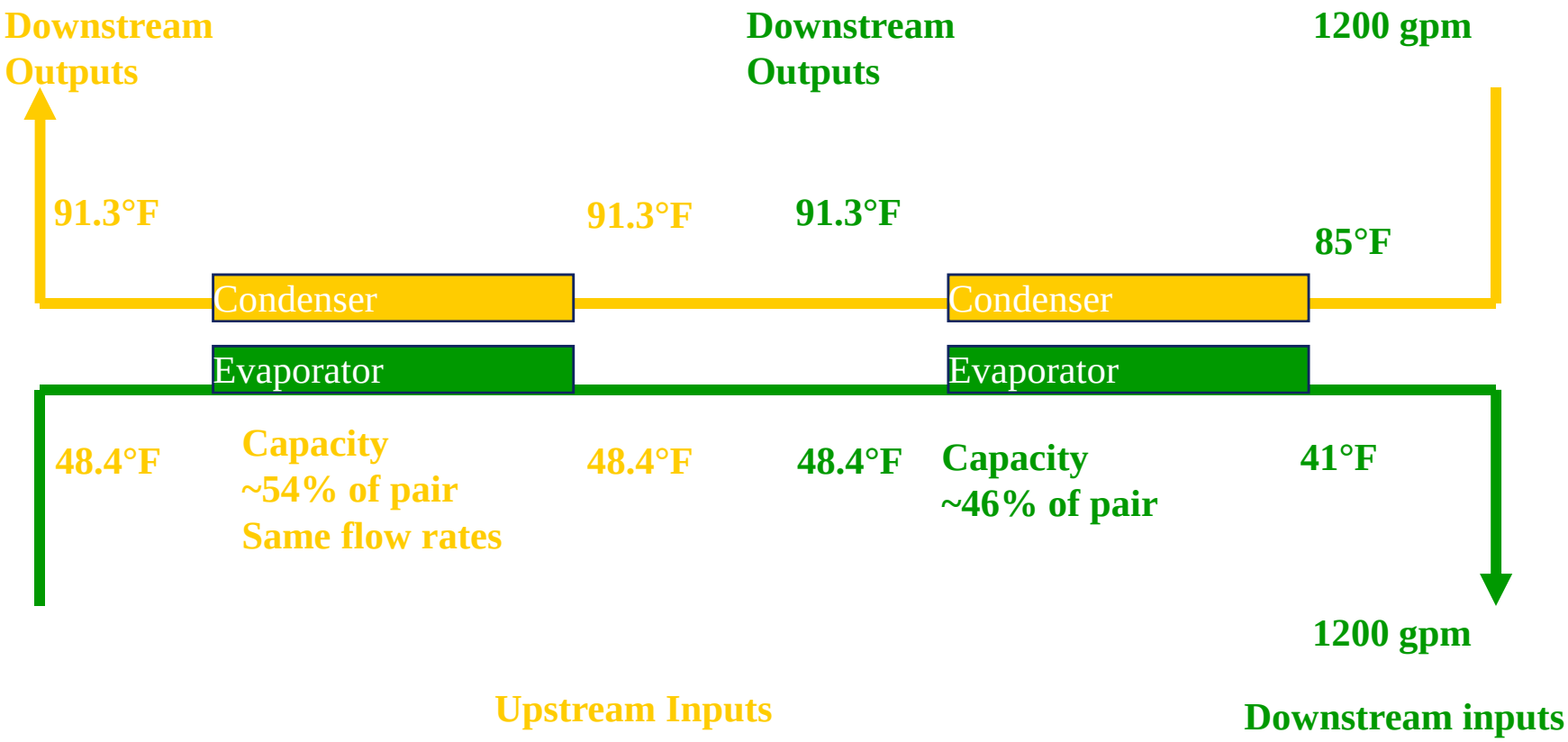
$$gpm = \frac{Tons \times 24}{\Delta T}$$

Legend
- ChW = Chilled Water
- CW = Condenser Water
- T = Temperature
- L = Leaving
- E = Entering

- **Selecione primeiro o Chiller "downstream"**
  - **Input**
    - **Taxas de Fluxo**
    - **Capacidade = aproximadamente 46% da capacidade do "par"**
    - **LChWT**
    - **ECWT**
  - **Outputs**
    - **EChWT**
    - **LCWT**

- **Selecione o chiller "upstream" na sequência**
  - **Input**
    - **Capacidade = aproximadamente 54% (restante) da capacidade do par**
    - **Mesmas taxas de fluxo**
    - **Down_LChWT = Upstream_EChWT**
    - **Down_ ECWT = Upstream_LCWT**

Selecionando Chillers em Série



Dicas de Aplicações para Chillers em Série

Use quando

- **ΔT do sistema é 14°F (8oC) ou maior;**
- **O sistema será VPF;**
  - **Principalmente para aplicações de 2 chillers.**

Considere

- **Menos passes de água;**
- **Manter fluxo mínimo em pequenos (ou retrofit) sistemas VPF utilizando válvulas 3-vias.**

Vantagens de Chillers em Série

- **Útil em condensador e evaporador;**
- **Adaptável em aplicações de retrofit;**
- **Simplifica sequenciamento de VPF;**
- **Aumenta eficiência do sistema.**

SISTEMAS DE ÁGUA GELADA

PROGRAMA BRASILEIRO DE ELIMINAÇÃO DOS HCFCs
Projeto para o Gerenciamento de Chillers

Apoio Institucional:

ASHRAE Brasil Chapter

ABRAVA – Associação Brasileira de Refrigeração, Ar Condicionado, Ventilação e Aquecimento

ABESCO – Associação Brasileira das Empresas de Serviços de Conservação de Energia

ABRAFAC – Associação Brasileira de Facilities

ANPRAC – Associação Nacional dos Profissionais de Refrigeração, Ar Condicionado, Ventilação e Aquecimento

ASBRAV – Associação Brasileira de Refrigeração, Ar Condicionado, Aquecimento e Ventilação

GBC BRASIL

BCxA – Building Commissioning Association – Brasil Chapter

SINDRATAR

Execução

SOMAR

Implementação

PNUD – Empoderando vidas. Fortalecendo nações.

Ministério do Meio Ambiente

Realização

GOVERNO FEDERAL BRASIL PÁTRIA EDUCADORA