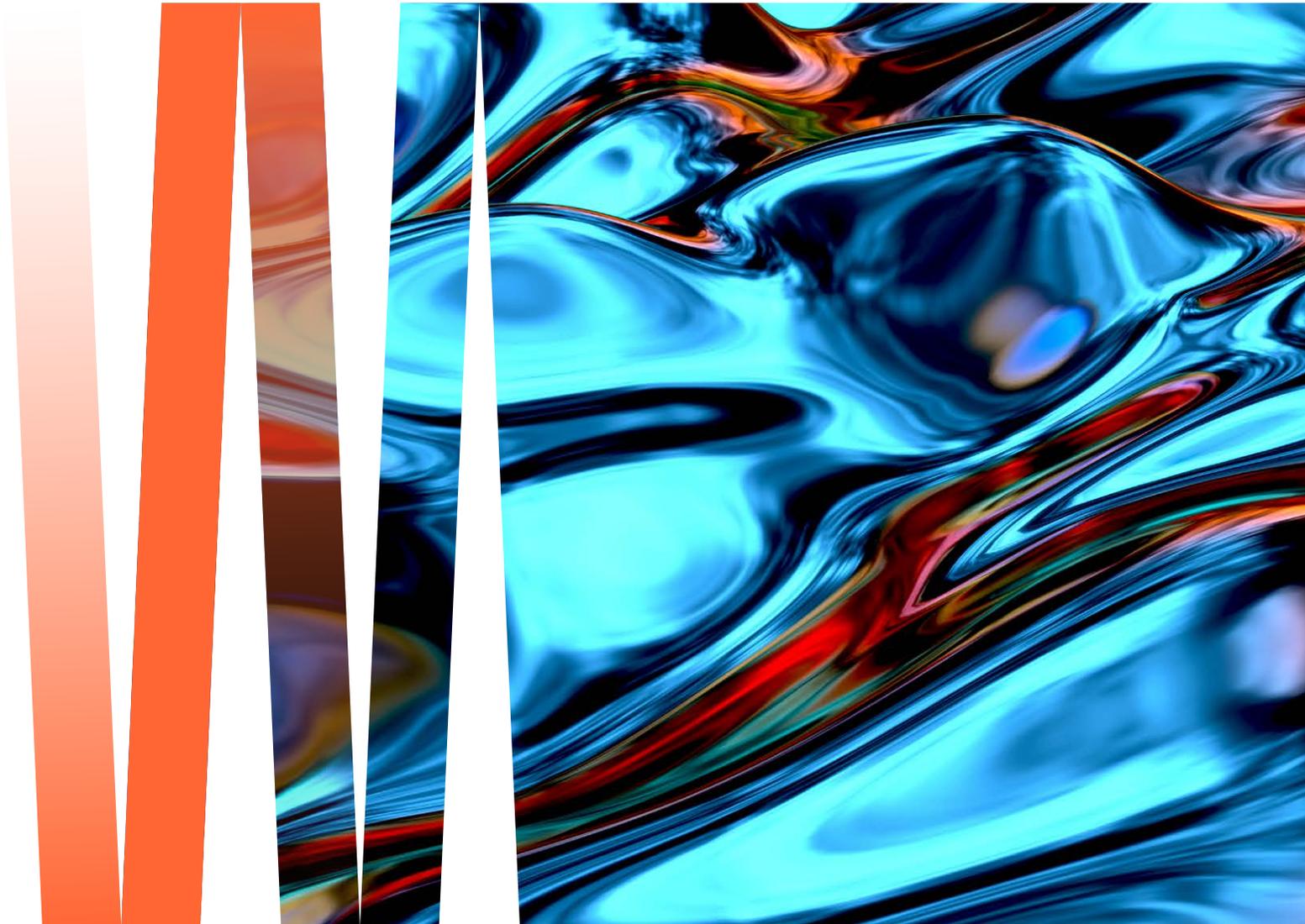




Implementando refrigeração líquida no data center

Um guia para refrigeração de alta densidade

White paper da Vertiv



Índice

Adotando refrigeração líquida em data centers existentes **3**

Preparando-se para implementar refrigeração líquida **5**

Avaliando as opções de refrigeração líquida para resfriar cargas de TI de 1 MW 8

Implementando RDHx 9

Melhores práticas para implementação e gerenciamento da CDU 9

Detalhando os novos requisitos de energia para cargas de trabalho de TI de 1 MW 11

Reestruturando a alimentação em CA para dar suporte à instalação de refrigeração líquida 11

Escolhendo os racks certos para as cargas de trabalho de computação de IA 12

Aproveitando oportunidades para reduzir custos 14

Projetando o espaço mecânico 15

Projetando o espaço técnico 16

Determinando o tamanho e o local de instalação da tubulação 17

Selecionando manifolds e conexões 18

Aprovisionamento (sourcing) e uso de materiais compatíveis 19

Protegendo os sistemas de TI e de refrigeração líquida contra falhas 19

Aproveitando os serviços de projeto para se preparar para a ativação de nova capacidade **21**

Realizando manutenção contínua

Avançando com a refrigeração híbrida **22**

Apêndice A: Criando o design ótimo do sistema **23**

Apêndice B: Glossário **24**





Adotando refrigeração líquida em data centers existentes

O futuro do gerenciamento térmico de TI já chegou e é um híbrido das tecnologias de refrigeração a ar e a líquido. Corporações estão adotando computação de alta performance (HPC) para a inteligência artificial (IA) e treinamento e inferência de modelos para aprendizado de máquina (ML) causando um rápido aumento nas densidades dos chips, servidores e racks, no consumo de energia e nos níveis de calor. A refrigeração a ar sozinha não pode lidar de forma eficiente com equipamentos que produzem calor. Assim, equipes de diversos data centers estão refletindo para ver qual a melhor maneira de desenvolver sua estratégia de refrigeração preparada para o futuro para dar suporte aos requisitos dos negócios que evoluem. Aproximadamente um em cada cinco data centers (17%) já usam refrigeração líquida, e outros 61% das equipes de operação estão considerando usá-la em suas instalações.¹

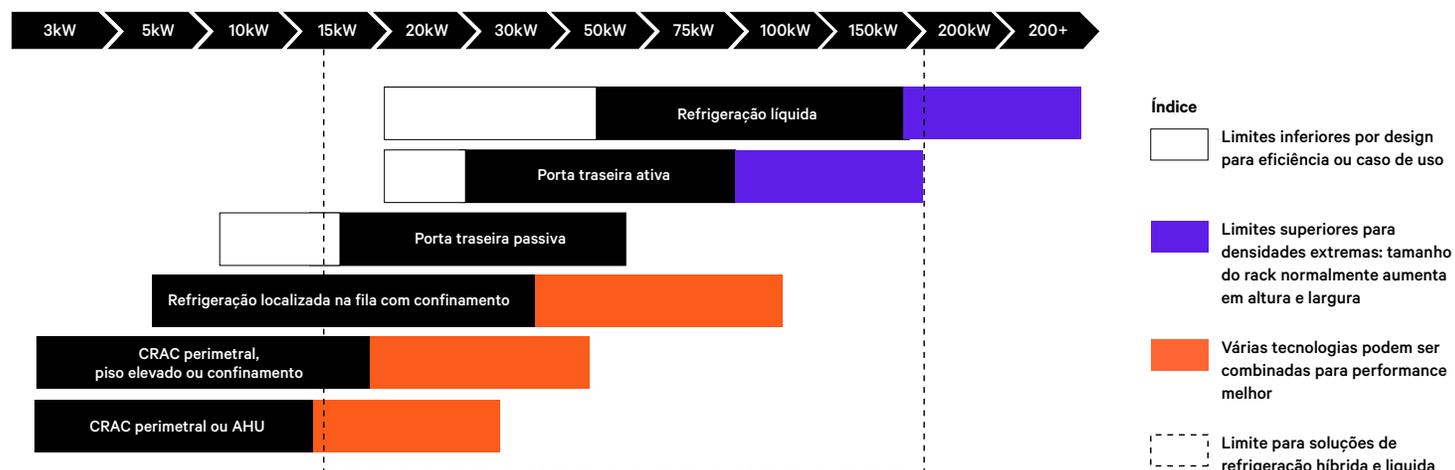
Embora algumas instalações serão projetadas especialmente para cargas de trabalho de IA e refrigeração líquida, a maioria das implementações ocorrerão em instalações já existentes. Proprietários e operadores de data centers de múltiplos locatários (MTDC) são motivados pelo aumento da sua competitividade. Eles sabem que oferecer capacidade de HPC para IA e outras cargas de trabalho rapidamente se tornará um padrão na indústria. Conseqüentemente, mitos estão desenvolvendo um business case para acrescentar refrigeração líquida nos racks

e salas de forma incremental, avaliando opções e criando um roadmap para adotar novas soluções em fases.

As equipes de TI, facilities e de elétrica precisarão trabalhar em estreita colaboração para implementar refrigeração líquida em instalações existentes, já que reprojeterão prédios considerando aos requisitos dos racks, da alimentação e da refrigeração. Leitores deste guia técnico estão provavelmente buscando informações sobre como implementar refrigeração líquida para dar suporte a racks com densidades de até 50 quilowatts (kW) por rack e, em alguns casos, até mais.

Este guia discute como pegar uma carga de TI de 1 MW que está sendo refrigerada a ar e acrescentar uma infraestrutura incremental de refrigeração líquida para criar um sistema híbrido (doravante chamada de infraestrutura de refrigeração híbrida). Este guia cobre a avaliação dos requisitos, estratégias para redução de custos, projeto do espaço físico, dimensionamento da rede de fluido, requisitos de monitoramento e de serviços para racks, refrigeração e alimentação de energia. Além disso, ele proporciona um apêndice com os equipamentos recomendados e dicas sobre quais equipamentos devem ser comprados juntos. As equipes podem usar estas informações para converter cargas de TI de 1 MW para sistemas de refrigeração híbrida e escalar junto com o crescimento dos negócios.

Capacidade de gerenciamento térmico em diversas densidades de racks



Sistemas refrigerados a líquido são muitas vezes usados com sistemas refrigerados a ar para resfriar racks com densidades mais altas.

¹ Daniel Bizo e Lenny Simon, The coming era of direct liquid cooling: it's when, not if, Uptime Institute, Julho 2022, página 13, <https://uptimeinstitute.com/>

Os três principais pontos sobre a implementação de refrigeração líquida

Aqui estão orientações de alto nível que qualquer equipe pode usar para navegar pelo processo de desenvolvimento de uma infraestrutura de refrigeração híbrida de ar e líquido.



Criar uma equipe para supervisionar a adição de refrigeração líquida para resfriar aplicações de alta densidade

- Monte uma equipe de especialistas no assunto, os quais proporcionarão inputs sobre o design, a seleção, a instalação e a manutenção da infraestrutura de refrigeração híbrida,
- Este grupo incluirá especialistas internos (TI, facilities, refrigeração e energia), consultores, fabricantes e outros fornecedores.



Preparar-se para implementar tecnologia de refrigeração líquida

- Reúna os requisitos da aplicação e da carga de trabalho para determinar necessidades do estado futuro.
- Desenvolva a infraestrutura desejada para dar suporte aos novos requisitos através do uso de orientações para o design e para o orçamento.



Usar serviços de projeto para implementar e manter os sistemas novos

- Comissione os sistemas de acordo com as especificações de seus designs.
- Faça os serviços de start-up, treine equipes nos novos sistemas e garanta que a passagem para a equipe de operações seja eficaz.
- Inicie a manutenção programada.



Preparando-se para implementar refrigeração líquida

Implementar refrigeração líquida é uma iniciativa importante e que requer um planejamento cuidadoso e considerações a respeito do espaço da instalação existente, da estratégia de gerenciamento térmico em vigor, das cargas de trabalho e do orçamento, entre outras considerações. Aqui está um roadmap para iniciar.

1 Determine os requisitos da carga de trabalho atual e futura

Nos data centers MTDCs e empresariais, as densidades dos racks estão aumentando, estimuladas pelos mais novos chipsets x86 e de unidades de processamento gráfico (GPUs) compatíveis com IA, ultrapassando a potência térmica de projeto (TDP) de 300 watts (W) e 800 W, respectivamente e rapidamente se aproximando de 1000 W ou mais. Esses chipsets são usados para aplicações na nuvem e empresariais, incluindo aprendizado profundo, processamento de linguagem natural, geração, treinamento e interferência de chat por IA. Com essa tendência, os mais novos servidores de IA estão agora se aproximando uma TDP de 6 a 10 kW por servidor.

As equipes de TI e de facilities precisam decidir quanto espaço alocar para as novas cargas de trabalho de IA/HPC para dar suporte à demanda atual e ao crescimento nos próximos um a dois anos. Alguns converterão uns pouco racks por vez, outros alocarão salas inteiras para essas cargas de trabalho e apoiarão a adição de sistemas de refrigeração líquida.

2 Faça uma auditoria no site

Antes de desenvolver um business case, as equipes precisam saber se fazer o retrofit de uma instalação com sistemas de refrigeração líquida é viável técnica e economicamente.

A equipe de TI e facilities deve trabalhar com parceiros para realizar uma auditoria minuciosa do site. Um parceiro deve realizar um estudo da dinâmica dos fluidos computacional (CFD) dos fluxos de ar existentes na instalação. Esse especialista analisará o equipamento de refrigeração a ar existente para ver se ele proporciona capacidade suficiente para ser aproveitado na nova infraestrutura de refrigeração híbrida e se a tubulação existente pode ser reutilizada. Eles também poderão querer realizar uma análise da modelagem da rede de vazão (FNM) para selecionar as unidades de distribuição de refrigerante (CDUs) corretas, dimensionar a tubulação adequadamente, escolher os manifolds e avaliar a capacidade do sistema de refrigeração líquida de dar suporte aos requisitos de refrigeração líquida do servidor.

As equipes irão querer executar análises das eficácias do uso da água e da energia (WUE e PUE) para determinar quão eficientemente estão usando os recursos de água e energia para identificar áreas para melhorias. Um estudo do custo total de propriedade (TCO) também é recomendado para otimizar as operações através da substituição de equipamentos velhos ou ineficientes para reduzir os custos operacionais. Diversas ferramentas on-line estão disponíveis para ajudar a calcular o TCO especificamente para aplicações de refrigeração líquida.

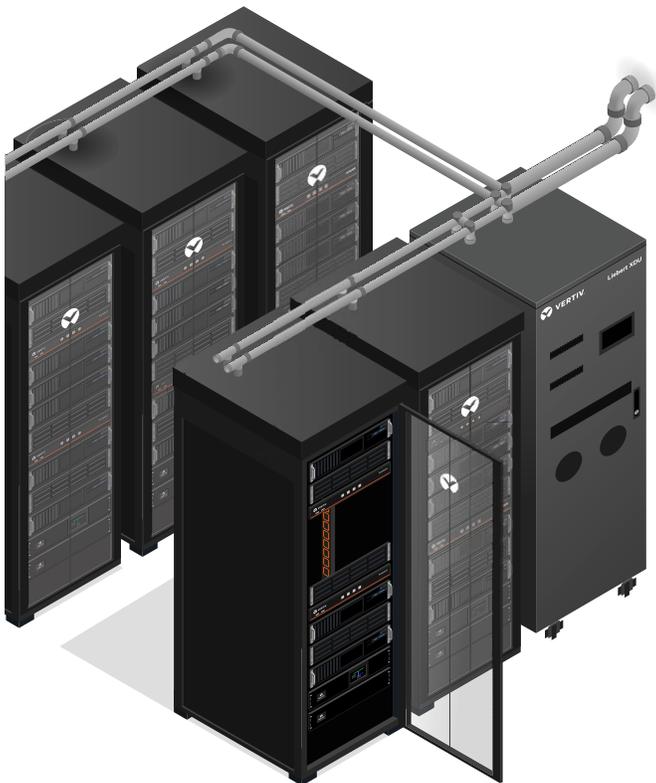
A equipe de elétrica também deve analisar a infraestrutura para ver se ela pode ser adaptada para uso com cargas de trabalho que consomem mais energia como a IA. O grupo mais amplo – IT, facilities e elétrica – deve revisar o espaço físico pra ver se os pisos elevados podem suportar o peso combinado dos novos sistemas de alimentação e de refrigeração híbrida e determinar as rotas de acesso para a tubulação. Uma verificação da instalação em relação a manutenção potencialmente necessária da infraestrutura existente também deve ser realizada, uma vez que pode existir contaminação ou degradação na qualidade dos canos ou equipamentos existentes e que podem levar a ineficiências ou falhas. Essa equipe conjunta deve revisar o fornecimento de água no site e determinar se ele é adequado para uso nos sistemas de refrigeração líquida planejados. E por último, quaisquer preocupações sobre a conformidade com as regulamentações de segurança devem ser resolvidas para garantir que a nova solução esteja dentro dos padrões e seja segura para uso.

Toda esta informação alimentará o business case, de forma que os stakeholders sêniores possam tomar decisões críticas sobre qual abordagem utilizar para desenvolver uma infraestrutura de refrigeração híbrida e fornecer os investimentos e recursos necessários para criá-la.

3 Modele a nova infraestrutura no espaço desejado

Com esses dados e o suporte de um parceiro, as equipes de TI e de facilities podem modelar a infraestrutura de refrigeração híbrida desejada no data center e identificar obstáculos que devem ser superados. Esses obstáculos podem incluir restrições de peso, uma falta de água no site, a necessidade de instalar nova tubulação, preocupações com a rota de acesso e outras questões.

A equipe pode modelar uma construção greenfield se houver espaço disponível no data center. Se a equipe quiser substituir os servidores existentes por alternativas de maior densidade, ela precisa otimizar a colocação da tecnologia, incluindo barramentos blindados, conectividade e racks. Uma vez que todas as questões tenham sido abordadas, é uma boa ideia contar um fornecedor para construir uma réplica gêmea digital do novo design para explorar os novos sistemas e processos em 3D. A ferramenta também proporciona uma metodologia para modelagem de diferentes cenários para implementar cargas de TI adicionais, todas de uma vez ou em um modelo faseado. Com essa informação, a equipe pode finalizar o design do seu sistema, fazendo quaisquer melhorias necessárias.



4 Considere o orçamento e os impactos no site

A auditoria e o exercício de modelagem fornecem à equipe de TI e facilities informações sobre quão extensa será a implementação de refrigeração líquida para desenvolver um business case para apreciação executiva.

A equipe de TI e facilities também deverá levar em consideração como uma construção no site perturbará a operação existente e qual impacto a adição de cargas de calor extra no site terá sobre as cargas de trabalho existentes e nos acordos de nível de serviço (SLAs). Por exemplo, equipes de empresas de colocation e de serviços gerenciados devem rever as novas cargas de calor propostas e garantir que possam manter a temperatura e a umidade para os clientes existentes.

5 Leve em consideração os ganhos de eficiência e sustentabilidade

Como a refrigeração líquida remove o calor na fonte, ela pode ser mais eficiente do que a refrigeração a ar sozinha e reduzir as métricas de PUE da instalação. Ela também usa água ou fluido para refrigerar sistemas e permite que as equipes recapture e reutilizem o calor, reduzindo a WUE. Após auditar sistemas e estabelecer o padrão de referência dos dados, as equipes podem capturar métricas regularmente, demonstrando progresso em reduzir a PUE e a WUE. Esses ganhos podem reduzir emissões indiretas ou reguladas por energia (Escopo 2) para corporações. Como resultado, a refrigeração líquida pode ser uma parte essencial dos programas de sustentabilidade das corporações.

6 Projete a nova solução

Com essa informação, a equipe de TI e facilities pode trabalhar com o consultor de projeto e com seus parceiros para projetar uma nova solução customizada para os requisitos do site. A equipe conjunta pode então usar essa informação para criar uma lista de materiais e de serviços (BOMS), solicitar cotações e selecionar os fabricantes para construir e integrar o sistema de refrigeração líquida.



Planejando as implementações de refrigeração líquida: Equipamentos e cronogramas

Que tipo de equipamentos são necessários para dar suporte a uma solução de refrigeração líquida em um site existente? Os tipos de produtos abaixo podem variar dependendo da abordagem de refrigeração, dos requisitos do site e outros fatores, mas eles oferecem um ponto de partida para dar os primeiros passos.

Categoria	Tipo de equipamento
Refrigeração líquida	Manifold para racks, CDU, manifold de distribuição, RDHx
Rejeição de calor	Chiller split de free-cooling ou interno; drycooler, unidade de condensação de DX
Distribuição de energia	Barramento blindado de alta intensidade de corrente (amperagem), unidades de distribuição de energia para rack

Quer ajuda para navegar pelas opções, projetando um sistema customizado para o seu site e criar um orçamento?

**Contate a
Vertiv para mais
informações**

Considere até um ano para implementar novos sistemas

Pelo menos 2 meses

Para selecionar fornecedores, vendedores e contratistas; faça análises de CFC, PUE, WUE e TCO; faça um planejamento para o site; obtenha uma cotação para o projeto e crie uma BOMS.

Pelo menos 3 meses

Para a fabricação e transporte da infraestrutura de refrigeração líquida, incluindo tubulações, manifolds para racks, CDUs, rejeição de calor; componentes de energia onde for necessário e racks.

2 a 3 meses

Para conduzir o planejamento do site e para entrega e integração do novo sistema de refrigeração líquida.

2 a 3 meses

Para integrar os equipamentos de TI com a nova solução de refrigeração e verificar discrepâncias. Realize manutenção rotineira conforme necessário.



Usar CDUs de líquido para ar poderia acelerar os tempos de implementação.

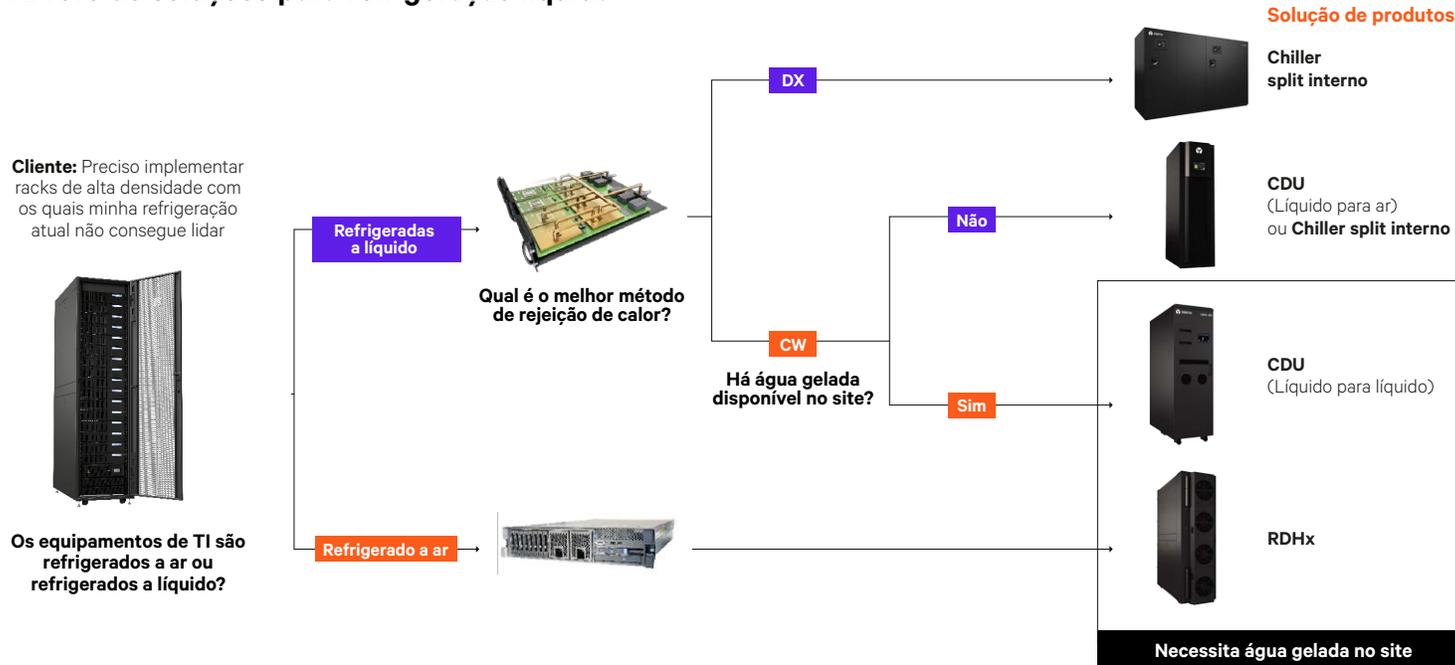
Avaliando as opções de refrigeração líquida para resfriar cargas de TI de 1 MW

Não existe uma única solução de refrigeração líquida para cargas de TI de 1 MW, uma vez que as necessidades da empresa, as condições do site e os orçamentos variam consideravelmente. Algumas opções que as equipes podem considerar incluem as abaixo:

- Aproveitar a água gelada existente:** Se as equipes tiverem acesso à água gelada no site, elas podem implementar uma CDU que ofereça um trocador de calor de líquido para líquido. Para isso, o sistema de água gelada precisa ter um design de funcionamento 24x7 ao invés do sistema de refrigeração de conforto tradicional que é normalmente desligado após um determinado horário, nos finais de semana e nas estações quentes. Disponíveis em designs no rack, na fila e perimetrais, essas CDUs isolam os equipamentos de TI do circuito de água gelada do prédio ao proporcionar um circuito de líquido separado para e a partir dos racks. A solução permite que as equipes determinem qual será o fluido e qual a taxa de vazão serão fornecidos ao rack, tal como água tratada de uma mistura de água-glicol. A qualidade da água pode ser uma preocupação ao implementar CDUs e utilizar sistemas de água gelada existentes. Garantir a disponibilidade de filtragem, ou a capacidade para implementar filtragem conforme necessário, deve ser levado em conta ao aproveitar a água gelada do site.
- Aproveitar as condensadoras de DX existentes:** Se as equipes já implementaram um sistema de expansão direta, elas podem considerar utilizar chillers split internos como uma solução. Esse sistema pode reutilizar as unidades condensadoras existentes localizadas nos terraços ou unidades adicionais podem ser implementadas para dar suporte a cargas incrementais. Os sistemas split oferecem a flexibilidade de serem facilmente implementados incrementalmente conforme de manda aumenta. Ao considerar um sistema split, tecnologias como economização por refrigerante bombeado devem aproveitadas para alavancar a eficiência geral do sistema. Se as condensadoras existentes no terraço não forem suficientes em termos de capacidade ou quantidade, ou se não houver espaço disponível para unidades adicionais no terraço ou no piso, então um chiller split interno pode não ser possível.
- Superar uma falta de acesso para rejeitar o calor do líquido:** As equipes podem considerar implementar uma CDU independente que proporciona troca de calor de líquido para ar, refrigerando o equipamento de TI e soprando o ar quente para o data center, onde unidades de ar-condicionado para sala de computadores (CRAC) o absorverão e removerão.

Qual solução de refrigeração líquida deve ser adicionada em instalações refrigeradas a ar

Árvore de soluções para refrigeração líquida



Use essa árvore de decisão para selecionar a solução de refrigeração líquida certa.



Implementando RDHx

Diversas organizações utilizam RDHx (trocadores de calor de porta traseira) como um primeiro passo em seu caminho para adicionar refrigeração líquida incrementalmente para desenvolver um sistema de refrigeração híbrida já que eles podem ser usados com a tecnologia existente de refrigeração a ar e não necessitam de mudanças estruturais significativas no espaço de produção.

Portas traseiras efetivamente aumentam a profundidade do gabinete e necessitam de uma distância mínima entre a porta e outros objetos para assegurar um fluxo de ar desobstruído.

RDHx usam ar para refrigerar os racks, mas capturam o calor através de um trocador de calor líquido para líquido montando nos racks. O ar saindo do trocador de calor é então expelido para a sala com temperatura ambiente. Portas traseiras podem ser configuradas como unidades passivas ou ativas. Trocadores de calor passivos usam os ventiladores dos servidores para expelir o ar quente através de uma serpentina abastecida com líquido, a qual absorve o calor antes que o ar seja retornado ao data center. Como eles não têm ventiladores ou outras partes que se movem necessitando de alimentação de energia, as unidades passivas não têm um custo anual de uso para as portas. Essas portas passivas funcionam bem para cargas de 5 a 25 kW. Sem partes que se movem, elas também reduzem a quantidade de ruído na instalação.

Unidades ativas dão assistência aos servidores com ventiladores acoplados à parte traseira da porta que podem ajudar a arrastar o ar quente pela serpentina e rejeitar o ar neutro em relação a sala para o espaço de TI. Os ventiladores podem modular entre 0 e 100% com base na pressão diferencial ao longo da serpentina ou com base na diferença de temperatura medida. Portas traseiras ativas são capazes de refrigerar de 50 a 70 kW com base nos parâmetros da aplicação.

O controle da vazão de fluido para portas ativas ou passivas pode ser ajustado com base na temperatura da água de retorno usando-se uma válvula moduladora para garantir que a porta esteja funcionando de forma eficiente. Recursos adicionais de monitoramento e controle estão disponíveis com essas unidades, proporcionando acesso remoto, alarmes e atualizações sobre o status do sistema.

Quando dimensionado adequadamente, o RDHx pode eliminar a necessidade de estratégias de confinamento, como corredor quente e corredor frio. Entretanto, é ainda recomendado que as portas dos racks fiquem de frente uma para outra em um padrão de corredor quente/corredor frio.

Melhores práticas para implementação e gerenciamento da CDU

As CDUs criam um circuito secundário isolado separado do fornecimento de água gelada, permitindo às equipes confinar e gerenciar os fluidos usados nos sistemas de refrigeração líquida e controlar com precisão sua pressão, temperatura, taxa de vazão e até mesmo a qualidade da filtragem.

As CDUs são equipadas com filtros no lado do fornecimento que tem geralmente um tamanho de 50 microns. Os filtros mantêm o fornecimento de fluido livre de contaminantes e sujeidade, protegendo a integridade da placa fria do servidor e mantendo sua performance. O afastamento da aleta da placa fria é o espaço entre a aleta elevada na superfície de uma placa fria. Quando equipes implementam placas frias com um afastamento de aletas de 100 microns, é recomendado usar filtros que não sejam maiores do que 50 microns para reduzir a possibilidade de sujeidade acumular dentro do gap do afastamento da aleta sobre a placa fria e afetar negativamente a performance do sistema ou sua vida útil.

Para determinar os requisitos da CDU, o engenheiro de aplicação avaliará a quantidade de racks para dar suporte, o quociente de

calor para líquido para os equipamentos de TI refrigerados a líquido em cada rack, a taxa de vazão necessária em cada rack e o layout da instalação. Por exemplo, CDUs que dão suporte a sistemas com necessidade de taxas de vazão altas ficarão sem capacidade de bombeamento antes que o calor exceda sua capacidade térmica. Como resultado, essas aplicações exigem maior redundância. Após estabelecer os requisitos, o engenheiro irá:

- **Conectar as CDUs aos principais equipamentos:**
CDUs de líquido para líquido devem ser conectadas ao fornecimento de água gelada da instalação ou outra fonte de rejeição de calor para proporcionar o refrigerante necessário para remover calor dos líquidos. Além disso, as CDUs devem ser conectadas via canos de entrada e de saída para o líquido que precisa de refrigeração. A CDU contém um trocador de calor que transfere calor para o fornecimento de água gelada, completando o processo de refrigeração de líquido para líquido.

CDUs de líquido para ar não necessitam de um fornecimento de água gelada para fornecer refrigeração líquida para o rack, mas proporcionam um circuito de fluido secundário independente para o rack e rejeita o calor para o data center. O circuito de fluido secundário é um sistema isolado, entregando fluido gelado para servidores refrigerados a líquido em um ambiente refrigerado a ar. Ao rejeitar o calor direto para o data center as CDUs de líquido para ar podem depender dos sistemas refrigerados a ar existentes para capturar e rejeitar o calor para o exterior.

- **Determinar o local para colocar as CDUs:** CDUs podem ser colocadas em diversos lugares. Com a colocação no rack ou na fila, elas alimentam racks ou filas individuais respectivamente. Elas podem também ser colocadas no final de uma fila, alimentando os rack naquela fila.

Por fim, elas podem ser agrupadas no final de um data center, alimentando um circuito de fluido em comum que abastece todos os racks nas salas. As equipes farão essa decisão com base no nível de redundância que querem alcançar, o quão eficiente eles querem que a refrigeração líquida seja e os fundos que têm para despesas de capital (CapEx) para nova tecnologia.

- **Decidir o nível de redundância desejado:** Para ter redundância N+1 no nível da fila são necessárias duas CDUs: uma para alimentar os racks e a segunda para fazer o back-up. Isso toma um valioso espaço útil e aumenta os custos. Entretanto, MTDCs podem querer escolher esse layout para oferecer redundância para implementações individuais de tecnologia de um cliente.

Equipes de TI e facilities de data centers empresariais provavelmente agruparão as CDUs centralmente para proporcionar uma vazão de fluido adequada, ter redundância com menos unidades e escalar mais facilmente.

- **Determinar os requisitos da refrigeração líquida:** A quantidade para dar suporte à carga de TI de 1 MW varia com base nas temperaturas da carga de trabalho e nas taxas de vazão.

As equipes de TI e facilities determinam os requisitos hidráulicos e de energia dos racks. A tabela abaixo mostra um exemplo de um sistema de refrigeração líquida direta ao chip que refrigera racks de 50 kW. A especificação calor-para-líquido é para o sistema de refrigeração líquida por placa fria, onde as placas frias são colocadas sobre os componentes dos equipamentos de TI que mais geram calor. Outros componentes usam sistemas a ar para refrigeração.

A taxa de vazão do líquido é de aproximadamente 1,5 litros por minutos/kW, dependendo da eficácia de transferência de calor da placa fria e do calor gerado pelos componentes de TI refrigerados com líquido. O engenheiro de especificação da instalação consultará o fornecedor dos equipamentos de TI para determinar as taxas de vazão máximas e mínimas para configurar a taxa de vazão desejada. A equipe de facilities deve revisar as taxas de vazão regularmente e aumentar as faixas permitidas quando os equipamentos de TI forem renovados.

As equipes de TI e de facilities e os contratistas deve também inspecionar o circuito de líquido para garantir que a tubulação possa suportar as taxas de vazão desejadas. Esse grupo também deverá rever as dimensões da tubulação, da entrada do secundário e do tubo coletor de retorno, garantindo que elas sejam iguais às conexões da CDU. O sistema usará redutores de tubulação para conectar os circuitos hidráulicos à CDU.

Implementação representativa de refrigeração líquida para uma carga de TI de 1 MW

Quantidade de racks refrigerados a líquido	20		
Potência total por rack	50 kW	Potência total do cluster	1 MW
Calor para líquido	37.5 kW	Calor para líquido total do cluster	750 kW
Calor para ar	12.5 kW	Calor para ar total do cluster	250 kW
Taxa de vazão do líquido por rack	56.25 lpm	Taxa de vazão de líquido total do cluster	1125 lpm
Taxa do fluxo de ar por rack	1875 CFM	Taxa do fluxo de ar total do cluster	37500 CFM

Apenas para fins ilustrativos. As condições reais do site podem variar.



Detalhando os novos requisitos de energia para cargas de trabalho de TI de 1 MW

Como os requisitos de energia mudam com a refrigeração líquida? A carga de potência de TI pode se manter a mesma conforme as equipes do data center habilitam novas cargas de trabalho de 1 MW de IA e outras de TI. Entretanto, as densidades dos racks aumentarão, consolidando o consumo de energia em menos racks.

Em outros cenários, as equipes de DC podem querer aumentar a potência geral de TI para expandir as operações de computação.

Em ambos os casos, a equipe de TI e facilities precisa garantir que a distribuição de energia forneça a intensidade de corrente maior que a o hardware para computação de IA demanda. As equipes podem alcançar esse objetivo ao:

- **Instalar um novo barramento blindado:** Um barramento com grande intensidade de corrente pode fornecer a alimentação suspensa que os novos hardwares de computação demandam. Cofres de derivação que escoam energia devem ser dimensionados adequadamente para proteger o fluxo de corrente.
- **Considerar Redundância:** As equipes podem querer implementar fontes de alimentação A+B, cada uma com chaves de transferência automáticas, unidades de alimentação de energia ininterrupta (UPS) e unidades de distribuição de energia (PDUs) para oferecer redundância e duplicar os

componentes críticos, garantindo a continuidade da alimentação de energia para as cargas de trabalho.

Quanto maior a redundância, maior a proteção contra indisponibilidades. Entretanto, sistemas adicionais podem aumentar o orçamento total. Modelos com múltipla redundância podem ser implementados, incluindo N, N+1, N+2 e 2N.

- **Determinar como rotear a eletricidade:** As equipes podem contratar um eletricitista para fazer a fiação das conexões elétricas para o rack ou combinar o barramento com maior amperagem com rack PDUs de maior amperagem. Se as equipes escolherem as racks PDUs, elas devem decidir se terão um eletricitista fazendo as conexões por fios ou se usarão rack PDUs tradicionais com um plugue.

Embora a rack PDU tradicional seja mais simples de instalar, as equipes talvez possam reduzir a quantidade de PDUs em cada gabinete se conectá-las por fios. Menos rack PDUs significa que os gabinetes têm mais espaço para os equipamentos de refrigeração líquida como a tubulação de refrigeração líquida direta ao chip, manifolds, CDUs e RDHX.

Reestruturando a Alimentação em CA para dar Suporte à Instalação de Refrigeração Líquida

Reestruturar a alimentação em CA para dar suporte à adição de refrigeração líquida requer uma avaliação do trem de força total das cargas do servidor para a alimentação da rede elétrica. Ao fazê-lo, a equipe de elétrica do site pode garantir continuidade de alimentação crítica suficiente para as novas aplicações de HPC.

Atualmente, os sistemas de alimentação em CA padrão dão suporte à maioria das aplicações de refrigeração líquida de alta densidade. Entretanto, alguns sites de refrigeração líquida demandarão reconfiguração, reimplementação ou a substituição total da infraestrutura de energia.

Para estar preparado para a refrigeração líquida, as equipes de TI e de facilities devem trabalhar com um consultor de projeto para projetar uma solução de térmica e energia integradas, ficando muito atentos ao layout físico do espaço e as potenciais interferências mecânicas. Esse processo permite que as equipes façam o upgrade da alimentação de energia crítica para dar

suporte ao crescimento contínuo dos negócios ou para melhorar a redundância de forma a garantir a continuidade de alimentação para os racks e salas refrigerados a líquido.

O processo de reestruturação da energia em CA inclui:

- **Avaliar o estado atual:** A equipe de elétrica definirá o estado atual da energia dando suporte às cargas de trabalho de TI e à infraestrutura versus a distribuição e infraestrutura de energia necessários para dar suporte às cargas de trabalho de HPC. A equipe irá:
 - Criar um inventário de energia detalhado, diagramas elétricos unifilares associados e os estados desejados para determinar os requisitos da reestruturação.

- Capturar a energia de back-up disponível, o condicionamento e a capacidade de distribuição (soma capacidade nominal e conectividade) para maximizar o uso da reestruturação da energia e definir qualquer suporte complementar necessário.
- Documentar o dimensionamento do cabeamento da alimentação de energia e o layout, especialmente da PDU, do painel elétrico remoto (RPP) e do barramento blindado para os equipamentos onde a mudança na concentração de carga é mais aguda.
- Avaliar as cargas discretas internas dos racks e a carga geral dos racks para a implementação das rack PDUs, considerando estratégias de redundância, balanceamento de fase e tipo e quantidade de conexões.
- **Planejar e implementar a reestruturação:** A equipe de elétrica determinará os requisitos e os processos para converter a infraestrutura de energia e acomodar os novos sistemas de refrigeração líquida e seu crescimento, avaliando potenciais melhorias. A equipe deve considerar restrições físicas associadas com cargas de potência de rack concentradas (como conexões e trajetória dos fios) e com melhor integrar perfeitamente com a infraestrutura de refrigeração líquida.
- **Gerenciar os novos sistemas:** A equipe de elétrica deve considerar trabalhar junto com parceiros especialistas em energia para ajuda-los a definir e proporcionar monitoramento e análises contínuas da energia crítica e gerenciamento de erviços para garantir a continuidade da alimentação de energia crítica. A equipe de facilities deve estabelecer e monitorar a performance da energia e os parâmetros de alarmes, bem como confirmar a prontidão para gerenciar novos sistemas de energia em continuamente.

Escolhendo os Racks Certos para as Cargas de Trabalho de Computação de IA

Para implementar novas cargas de trabalho de IA, as equipes precisam mudar a sua forma de selecionar racks. Os racks precisam dar suporte à ambientes de computação densa de até 50 kW – e até mesmo além disso. Portanto, ao selecionar racks, maior é melhor. Racks entre 42U e 52U fornecem espaço para servidores populados com aceleradores, infraestrutura de rede, equipamento de distribuição de energia e cabos. Ao selecionar racks mais altos, em alguns sites o pé direito precisa ser considerado, uma vez que alguns sites tem um pé direito de apenas 2 metros ou espaço de apenas 2 metros nos vãos das portas. As equipes precisam planejar para que os racks suportem até 3000 libras (1360 kg) de peso estático para lidar com as densidades maiores dos equipamentos. Assim, é muito improvável que as equipes possam reutilizar racks existentes para dar suporte aos novos equipamentos de computação de IA/HPC. Elas devem também investir em gerenciamento de cabos para evitar a desorganização e evitar riscos de tirar equipamentos essenciais da tomada. Outras orientações incluem:

1 Seleccione racks largos

O rack mais comum em data centers refrigerados a ar tem uma largura de 600 mm (24 polegadas), o que está alinhado com as placas do piso elevado. Ao implementar refrigeração líquida, as equipes podem se beneficiar ao selecionar racks mais largos,

com 800 mm (31,5 pol.) sendo o tamanho mais comum. Esse tamanho proporciona 100 mm (4 pol.) extras de espaço em cada lado dos trilhos centrais de montagem do servidor.

Esse espaço extra proporciona espaço para a tubulação de distribuição de refrigerante e para os cabos de alta potência na parte de trás de um rack refrigerado a líquido. Ele também oferece gratuitamente espaço desobstruído adicional imediatamente atrás dos equipamentos de TI, o que ajuda a preservar o fluxo de ar adequado circulando pelos equipamentos e saindo pela traseira do rack. Abarrotar esse espaço selecionando um rack mais estreito pode impedir o fluxo de ar, aumentar as temperaturas, reduzir a eficiência de refrigeração e degradar a performance de TI à medida que a temperatura aumenta.

2 Seleccione racks com maior profundidade

Além de precisar mais largura, sistemas de refrigeração líquida se beneficiam de racks mais profundos. A nova tubulação ocupa um espaço que não era antes necessário para os racks refrigerados a ar. Além disso, equipamentos de TI de maior potência necessitam e cabos de força mais grossos para fornecer mais energia, enquanto PDUs maiores são necessárias para lidar com a capacidade mais alta. Embora racks com 1000 ou 1100 mm (40 ou 43,5 pol.) de profundidade tenham funcionado para alguns casos de refrigeração a ar, racks para refrigeração líquida devem



ter uma profundidade de 1200 mm (49 pol.). Isso é especialmente verdadeiro quando se usa um RDHx, já que a profundidade extra permite um melhor fluxo de ar (recuperação estática). Da mesma forma, sistemas de refrigeração diretos ao chip precisam de espaço para montar os manifolds de distribuição no rack, o cabeamento e as rack PDUs.

3 Estude onde colocar a tubulação

A tubulação que passa por baixo do piso para as filas de racks também precisa alimentar cada rack individualmente. Esses tubos podem ser largos em diâmetro e podem alterar o padrão do fluxo de ar sob o piso que os projetistas do data center pretendiam originalmente para alimentação de energia ou cabeamento para dados. Em uma construção greenfield, os projetistas podem usar o piso elevado para a tubulação, passando os cabos de energia e de dados por cima, suspensos. Em um retrofit de brownfields, os projetistas podem precisar mover os racks existentes e a refrigeração a ar, o que pode interferir com a passagem de canos. Isso pode ser caro e disruptivo para a performance operacional.

Uma alternativa é replicar os designs de greenfields, descomissionando o espaço sob o piso e usando-o somente para a tubulação, movendo os cabos de energia e de dados para cima, suspensos. Separar o cabeamento da tubulação tem diversas vantagens, incluindo mitigar o risco de que um vazamento de fluido afete o cabeamento e reduzindo a “interferência de trabalho” onde funcionários acidentalmente afastem ou empurrem cabos para fora do caminho quando estiverem trabalhando em um sistema, mesmo que intencional e temporariamente. A interferência de trabalho pode ter um impacto negativo em outros sistemas.

Equipes de data centers com pisos de laje provavelmente terão a tubulação e os cabos de energia aéreos e precisam considerar questões como o peso do sistema e o espaço disponível. Consulte “Projetando o Espaço Técnico” para mais informações.

4 Planeje para mudanças no espaçamento entre as filas

O espaçamento entre filas pode ser afetado se os equipamentos de refrigeração líquida, como um RDHx, aumentar a profundidade de um rack. Por exemplo, considere dois racks colocados traseira com traseira, o que acontece normalmente em corredores quentes. Cada rack ganha até 330 mm (13 pol.) de profundidade quando um RDHx é adicionado, enquanto a largura do corredor é reduzida em 400 mm (16 pol.). Isso poderá resultar em um corredor muito estreito para uma refrigeração eficaz e não possibilita um trabalho funcional entre racks.

5 Prepare-se para uso diferente do espaço

Racks de alta densidade ocupam menos espaço de produção, mas a proporção entre elementos mecânicos e o espaço de produção em data centers de alta densidade refrigerados a líquido varia. Por exemplo, substituir 100 racks de 10 kW por 20 racks de 50 kW diminui o espaço de produção ocupado. Entretanto, as equipes precisam implementar novos equipamentos necessários para a refrigeração líquida, como CDUs, unidades de chiller internas, tubulação, tanques de armazenamento, dispositivos de tratamento e sistemas de detecção de vazamentos e de monitoramento. Em contrapartida, as equipes talvez possam descomissionar alguns equipamentos de refrigeração a ar, potencialmente liberando espaço. Independentemente de um aumento ou de uma redução no espaço disponível, as equipes devem também levar em consideração os benefícios que a implementação de um sistema de confinamento de corredor pode trazer à sua área de produção existente.

Aproveitando oportunidades para reduzir custos

Independentemente do tipo de tecnologia ou das atualizações necessárias para implementar refrigeração líquida, implementar uma solução híbrida é um grande investimento para o futuro. Enquanto isso possa ser uma preocupação para alguns, as equipes de TI e de facilities de data centers têm diversas oportunidades para reduzir os custos iniciais de CapEx para implementar infraestrutura de refrigeração líquida. Há diversas formas de proceder, incluindo:

- **Realizar uma avaliação detalhada do site:** Como mencionado anteriormente, uma auditoria no site deve ser uma das primeiras atividades realizadas pelas equipes de data center quando considerar a implementação de um sistema de alta densidade. Revise as condições da infraestrutura existente para identificar áreas que possam precisar de modificações, reformas ou novos equipamentos para dar suporte a essa carga de trabalho de TI de maior densidade. Trabalhe com especialistas internos e externos para garantir que o todo o escopo seja entendido.
- **Reutilizar a infraestrutura existente:** Muita da infraestrutura instalada, como gabinetes, PDUs, UPS e refrigeração, tem o potencial para ser reutilizada para aplicações de alta densidade. Ao invés de investir desnecessariamente em equipamentos que tornem os existentes obsoletos, procure reutilizar o máximo possível.
- **Utilize a infraestrutura de refrigeração existente:** Um dos grandes benefícios das soluções de refrigeração híbridas é a capacidade de aproveitar a infraestrutura de refrigeração existente. Ao implementar uma unidade de chiller split interno, os clientes podem usar as condensadoras externas existentes para a rejeição de calor. Se CDUs de líquido para ar forem implementadas para aplicações diretas ao chip, unidades existentes de refrigeração de sala ainda são uma parte necessária da infraestrutura híbrida.
- **Redirecione o uso da rede elétrica:** Embora algumas cargas de trabalho de IA/HPC aumentem a necessidade de alimentação de energia, outras apenas consolidarão a energia em implementações de racks mais densos. Nesses casos, as unidades UPS, os barramentos blindados e as PDUs existentes podem ser rearranjados para atender às novas demandas ou ser usadas para complementar as novas necessidades de energia, limitando o investimento inicial.
- **Aproveite os racks de TI existentes:** Nem todas as implementações de IA/HPC demandarão espaço U adicional dentro dos racks para suportar a maior carga de trabalho. Sempre que possível, as equipes devem maximizar o uso dos racks existentes para limitar o investimento inicial. Servidores refrigerados a líquido ocupam menos espaço em comparação com dissipadores de calor refrigerados a ar.
- **Selecionar cuidadosamente fluidos e refrigerantes:** Com a infinidade de opções disponíveis no mercado com os mais variados preços, as equipes de data center podem ser bastante seletivas sobre qual fluido ou refrigerante será o mais adequado sob os pontos de vista econômico, da compatibilidade de materiais e da disponibilidade. Selecionar um que tenha um melhor custo-benefício do que os outros ajudará a reduzir as despesas iniciais.
- **Focar em soluções energeticamente eficientes:** Eficiência energética é uma das principais prioridades de investidores e operadores. Selecionar equipamentos que tenham sido projetados para maximizar a eficiência energética ajudará a reduzir os custos operacionais contínuos. Há diversas opções de refrigeração líquida que fornecem ganhos de eficiência expressivos, o que leva, no longo prazo, a uma economia no total.
- **Implementar as mudanças incrementalmente:** A implementação de alta densidade nova e da infraestrutura de refrigeração híbrida que lhe dá suporte não precisa ser feita em um grande upgrade do sistema. Comece com as áreas ou os equipamentos críticos e expanda gradualmente para todo o data center de forma a diluir os custos de capital ao longo do tempo. Trabalhe com parceiros de tecnologia para decidir quais produtos precisam ser implementados primeiro para respaldar expansões futuras. Considere o uso de sistemas modulares que podem ser adicionados incrementalmente para facilitar a adição de líquido no data center.

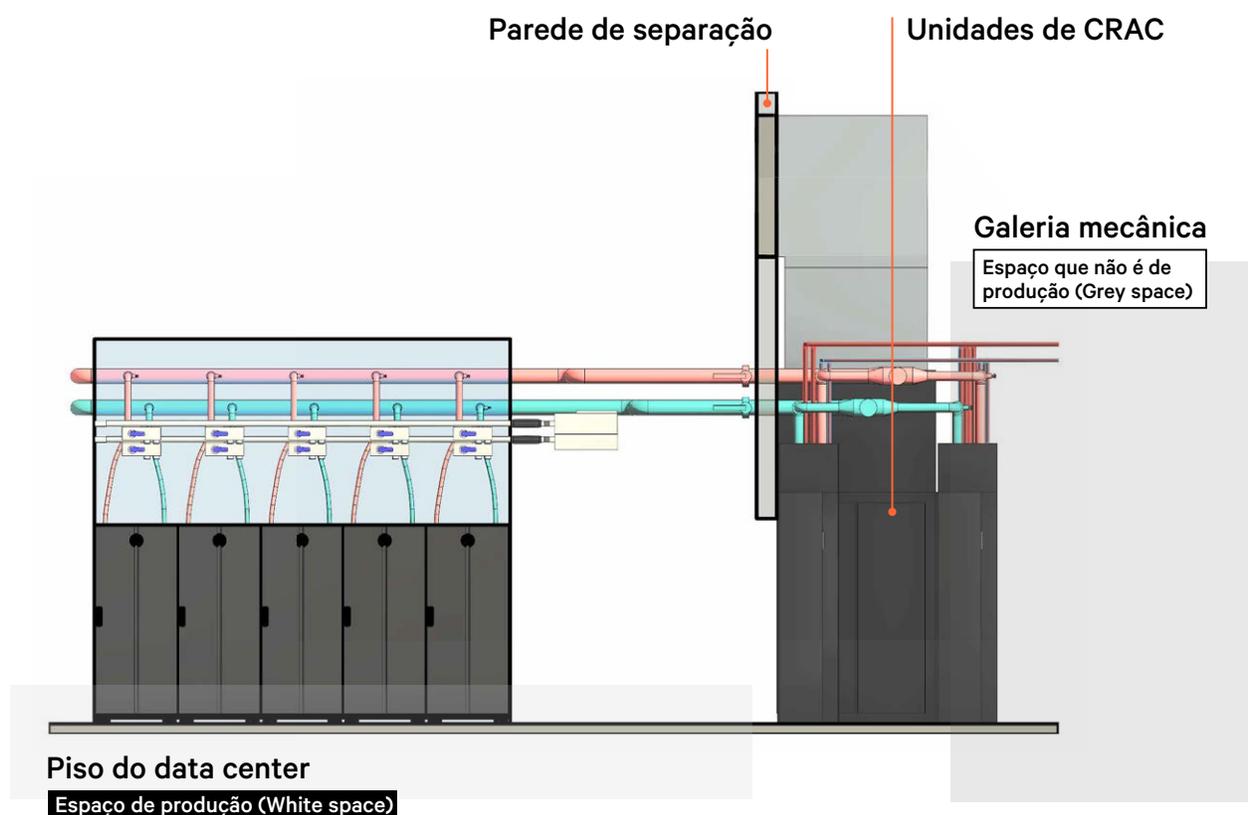
Projetando o espaço mecânico

Onde as equipes devem colocar os sistemas de refrigeração? Em alguns casos, os equipamentos podem ficar localizados no espaço de produção. Entretanto, a maioria das equipes de operações de instalações de MTDC ou DCs empresariais prefere colocar os equipamentos de refrigeração líquida no espaço que não é de produção (grey space), o qual poderá ser compartilhado com equipamentos elétricos.

Um cenário típico é colocar os equipamentos em um saguão ou galeria adjacente ao perímetro da área de produção.

Essa galeria pode ter piso elevado nivelado com o piso elevado do espaço de produção ou ter um piso rebaixado.

Outro cenário menos comum é fazer uma vala de concreto ao redor da galeria, com um piso elevado sobre a vala – nivelado com o piso elevado do espaço de produção. Nesse cenário, grandes canos são normalmente localizados nas valas ou em suas paredes. O objetivo é criar um espaço adequado para serviços e manutenção.



Sistemas de refrigeração a ar que atendem sistemas de TI no espaço de produção podem atravessar para a galeria via tubulação ou cortes na parede. Dependendo de seu design, essas áreas, que possibilitam a passagem de ar livre, podem necessitar de proteção contra incêndio.

Ao projetar o espaço mecânico, equipes e contratistas devem garantir que ele tenha espaço suficiente para instalar, remover e substituir qualquer item nele localizado sem atrapalhar outros equipamentos. Por isso, o espaço do corredor pode precisar

ultrapassar os requisitos dos códigos de elétricos, de incêndio e de acessibilidade.

Além das considerações sobre o espaço, um cálculo inicial é recomendado para determinar se o piso existente suporta a carga dos novos equipamentos e se serão necessários suportes e parafusos de fixação.

Como a tubulação é aérea, as equipes de TI e de facilities devem assegurar que as válvulas e outros itens sejam fáceis de acessar para manutenção.

Projetando o espaço técnico

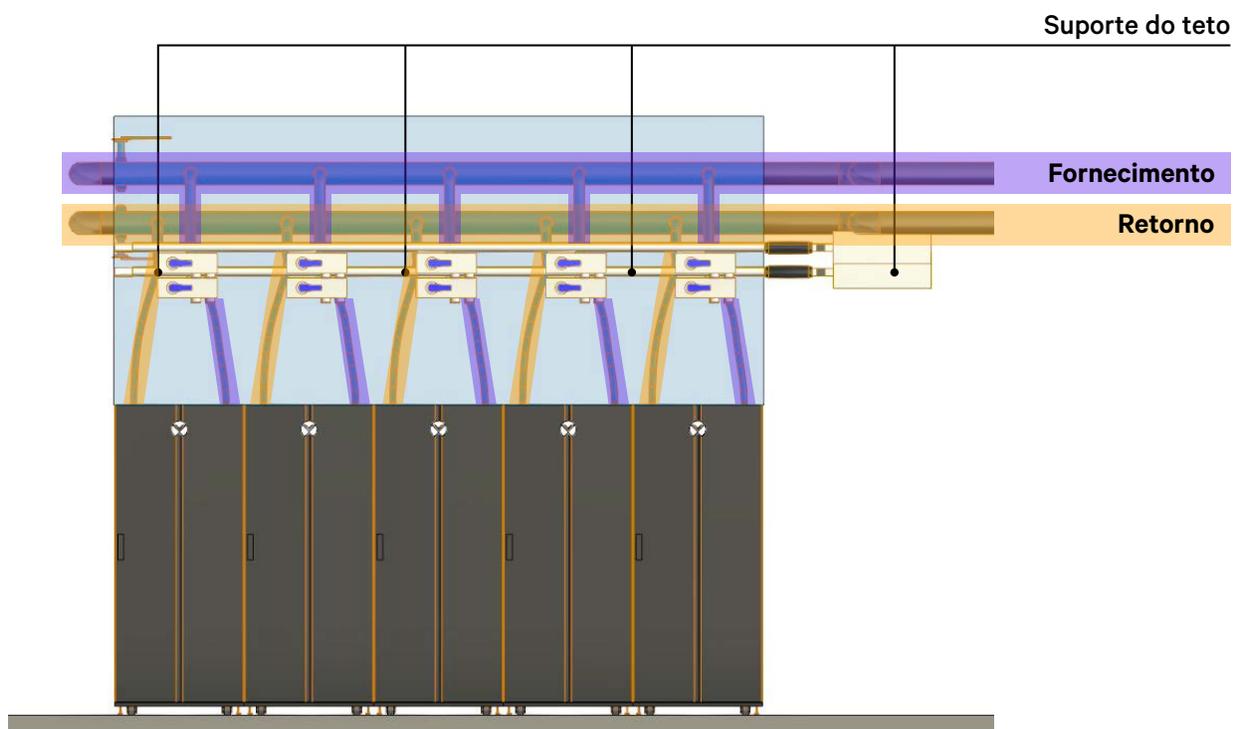
A seguir, a equipe de TI, de facilities e de elétrica precisa trabalhar com o consultor do projeto para fazer o design do espaço técnico, considerando onde serão colocados os racks, a distribuição de refrigeração a ar, a tubulação de fluido, os sistemas de distribuição de energia e os equipamentos de monitoramento. Um dos principais fatores para a tomada de decisões será se o data center tem um piso elevado ou não.

Para um piso não elevado, a equipe deve considerar um design técnico que coloque os condútes de energia e de tubulação acima dos racks com hastes roscadas pendendo das vigas do teto, proporcionando suporte pelo teto.

O design deve levar em conta o peso das bandejas de cabos e da tubulação para ter certeza de que as vigas e estruturas do teto possam suportá-las.

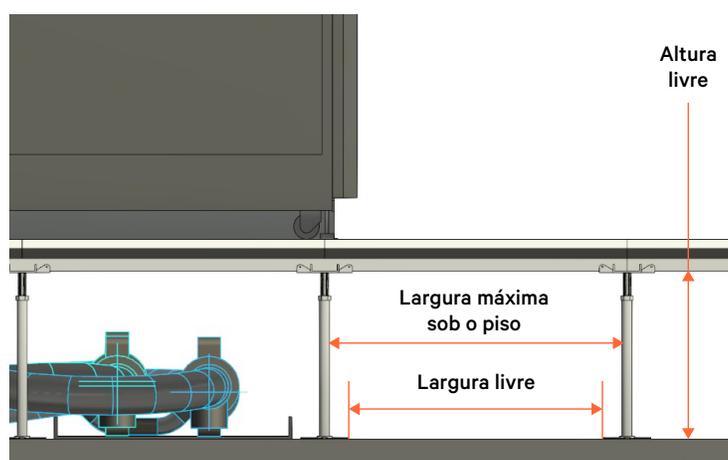
A equipe deve também verificar se há espaço suficiente para permitir a manutenção da tubulação e dos equipamentos. Para continuar com o exemplo da carga de TI de 1 MW, a equipe precisaria 20 posições de racks de 50 kW, cada uma com uma taxa de vazão de 1,5 lpm (0,4 galões por minuto/kW).

Como as hastes roscadas dão suporte à estrutura aérea



A ilustração representa manifolds de fornecimento e retorno de líquido e barramento elétrico.

Colocação aérea do equipamento de refrigeração líquida em instalação com piso elevado



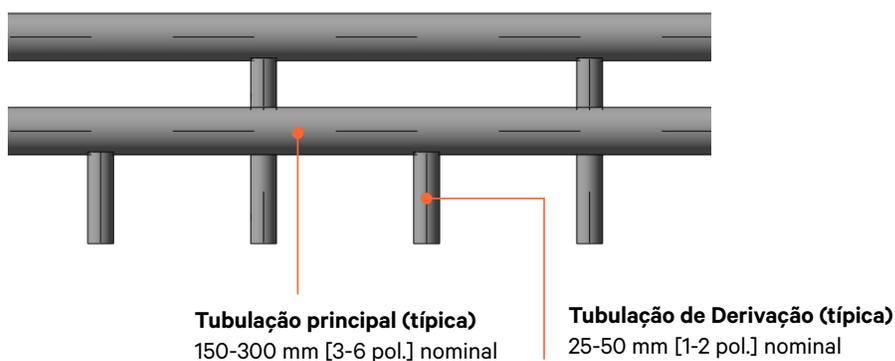
Esta ilustração mostra como a instalação de um trocador de calor de porta traseira adiciona profundidade aos racks.

Esta ilustração representa a área livre exigida para acomodar a tubulação sob o piso em uma instalação com um design com piso elevado. As dimensões variam de site para site.

Determinando o tamanho e o local de instalação da tubulação

A vazão dos dutos, ou capacidade, é limitada pela velocidade e pressão. Vazão de fluido com alta velocidade pode causar erosão nas curvas do duto e criar ruído. A perda de pressão é impulsionada pela taxa de vazão, a extensão do fluxo e do uso de dispositivos como válvulas e conexões rápidas.

Alocando espaço extra sob o piso para os requisitos da tubulação



Designs de tubulação sob o piso devem deixar um espaço adequado para a tubulação, a isolamento e o cruzamento de dutos. As dimensões variam de site para site.

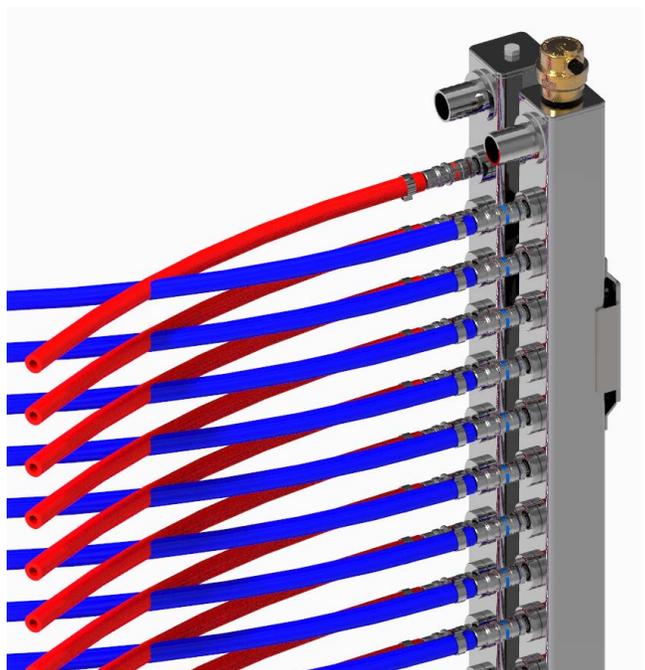
A tubulação também deve proporcionar um circuito para isolar as válvulas dos racks, reduzindo a possibilidade de vazamentos.

Quando a tubulação é instalada sob um piso elevado, ela precisa caber no espaço disponível. O consultor de projeto deve levar em conta o tamanho da tubulação e a isolação que a reveste. Se a equipe adiciona 25 mm (ou uma polegada) de isolação em um duto, o diâmetro total do duto isolado é aumentado em 50 mm (ou duas polegadas). O consultor de projeto deve também considerar que os dutos podem se cruzar e contabilizar uma altura extra quando finalizando o sistema com a altura sob o piso e a tubulação.

Selecionando os manifolds e as conexões

Como a tubulação, manifolds no rack são um produto relativamente simples do tipo 'implemente e esqueça'. Entretanto, as equipes de TI e de facilities têm alguns requisitos de design específicos para considerar já que os manifolds são colocados nos racks e são o último ponto de contato da rede de fluido secundária que fornece ao servidor. Ao selecionar os manifolds, as equipes devem levar em consideração a compatibilidade do material, a taxa de vazão, pressão, uniformidade da distribuição de vazão e a queda de pressão.

Garantir a compatibilidade do material é especialmente importante uma vez que as equipes querem evitar a corrosão galvânica, que poderia causar falhas catastróficas no manifold ou no chassi do servidor. Corrosão galvânica ocorre quando dois metais diferentes estão em contato na presença de um eletrólito. O metal que for menos resistente à corrosão oxidará e descascará.



Além disso, os componentes usados para vedar cada junta, conexão e mangueiras usadas para fluidos devem ser compatíveis com os materiais selecionados que tenham contato com líquidos. Se forem incompatíveis, as vedações podem começar a degradar, com pequenos pedaços escamando, entrando na corrente de vazão e avariando os trocadores de calor a jusante.

Refrigeração direta ao chip usa refrigerante para remover o calor das placas frias e direcioná-lo para a CDU para então ser removido para fora do data center. Para que esse processo funcione, precisa haver uma taxa de vazão adequada. Assim, as equipes precisam garantir que os manifolds e as conexões tenham sido dimensionados adequadamente e tenham pressão suficiente para fornecer uma taxa de vazão apropriada ao longo do sistema de refrigeração.

Cada componente do sistema também deve resistir à queda de pressão e à alta pressão, incluindo os manifolds e as conexões. O sistema de manifolds deve poder isolar racks e servidores individuais para proteger os equipamentos de TI contra vazamentos e possibilitar a manutenção planejada e não planejada.

Para evitar que os fluidos escapem do sistema de refrigeração líquida quando as conexões forem conectadas ou desconectadas, as conexões dos servidores e dos manifolds devem ter uma desconexão rápida sem respingos, com uma válvula interna e vedação. O fluido não deve fluir até que uma conexão completa tenha sido feita e a válvula deve imediatamente se auto resselar após iniciar uma desconexão.

Manifolds no rack, que estão sendo canalizados por baixo, necessitam de purgadores de ar que controlem o quanto a válvula abre para permitir a saída de ar, incluindo a pressão do fluido. Além disso, as equipes podem precisar implantar reguladores de circuito para aliviar a pressão do manifold do secundário conforme ele se conecta ao manifold no rack.

Por último, a conexão do sistema de tubulação da rede de fluido do secundário para o manifold no rack também deve ter uma válvula intermediária de isolamento. Normalmente, os fabricantes usam uma válvula de isolamento (como uma válvula esfera) colocada entre a tubulação da rede de fluido secundária e a entrada do manifold no rack para possibilitar o isolamento do sistema secundário. Embora seja possível adicionar controles, eles aumentam expressivamente o custo da solução.



Aprovisionamento (Sourcing) e uso de materiais compatíveis

Fatores importantes que determinam a seleção dos fluidos para a refrigeração líquida incluem a presença ou ausência de água gelada no site e a necessidade de garantir a compatibilidade entre todos os sistemas e componentes no circuito líquido secundário.

Fabricantes de equipamentos para refrigeração direta ao chip podem orientar a respeito de quais fluidos são os melhores para usar em circuito de placas frias. Os fornecedores estão usando cada vez mais o polipropilenoglicol para melhorar e estender a qualidade do fluido ao longo do seu ciclo de vida. Entretanto, o polipropilenoglicol oferece uma performance térmica mais baixa em comparação com a água pura. Ele é, portanto, frequentemente tratado com biocidas e inibidores para manter a performance térmica, aumentar a confiabilidade e fortalecer as proteções contra corrosão. As melhores práticas incluem:

- **Garantir a compatibilidade do material:** O fluido selecionado deve ser compatível com todos os sistemas que o encontrem, incluindo a bomba da CDU, o trocador de calor, válvulas, conexões, acoplamentos, vedações, juntas e fluxo de brasagem. O manifold no rack refrigerado a líquido inclui conexões, mangueiras e conectores para o circuito da placa fria. O conjunto da placa fria inclui conexões, conectores, mangueiras e a própria placa fria. Como a maioria das placas frias é fabricada com cobre, os materiais que entram em contato com líquidos não devem incluir alumínio, o que causaria corrosão galvânica da placa fria.

Para mais informações sobre os requisitos de compatibilidade dos materiais, consulte as Diretrizes para Refrigeração Líquida para Equipamentos de Data Centers, Seção 6.1.5 – Wetter Material Requirements from the American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE).

As equipes também devem considerar o impacto da velocidade do fluido. A degradação de superfícies molhadas devida à corrosão galvânica ou erosão contaminará a corrente da vazão e causará uma falha catastrófica a jusante em componentes delicados e críticos tal como a placa fria.

- **Realizar testes regularmente:** As equipes devem contratar um parceiro para a testagem regular dos compostos químicos para garantir que os fluidos estão mantendo as propriedades desejadas. É recomendado que os testes sejam realizados duas vezes ao ano. A mesma composição do fluido deve ser usada durante todo o ciclo de vida do sistema para evitar interações químicas não desejadas causadas por um material diferente.

A testagem de fluidos oferece dois benefícios principais: manter a saúde do fluido através do gerenciamento da contaminação e seu impacto sobre a vida do fluido e garantir que o fluido atenda os objetivos de ciclo de vida desejados sem necessidade de enxague ou aditivos.

Protegendo os sistemas de TI e de refrigeração líquida contra falhas

As equipes de TI e de facilities podem usar diversas estratégias para reduzir os riscos de danos nos sistemas de TI causados por vazamento de fluidos e mitigar proativamente os vazamentos quando eles ocorrerem. Essas estratégias incluem:

- **Isolar a infraestrutura de TI:** Ao manter a tubulação do fluido separada dos equipamentos e do cabeamento elétrico e de TI, as equipes podem reduzir o risco de vazamentos. Cada rack deve também poder ser isolado do sistema através do uso de válvulas, e cada servidor deve poder ser isolado do manifold no rack para possibilitar a manutenção rotineira e emergencial. Ao projetar sistemas que permitem ao usuário desligar a vazão de fluido para racks individuais e servidores individuais, as equipes podem continuar a realizar manutenção em seções específicas do data center sem causar interrupção nas operações críticas.

A tubulação do manifold para o servidor deve ter interconexões com desconexões rápidas sem respingos para evitar qualquer dano causado ao fazer a manutenção dos servidores.

- **Visibilidade do sistema através de software de monitoramento:** Monitorar as condições ambientais ao redor dos sistemas refrigerados a líquido é essencial para garantir proteção aos equipamentos de TI. A refrigeração líquida é inerentemente diferente da refrigeração a ar em relação ao tempo de resposta rápido do sistema quando ocorrem cenários de falha devida a maior densidade de calor existente. Para garantir visibilidade em tempo real à performance do sistema e à segurança dos sistemas de TI, dados adicionais devem ser coletados e, se necessário, medidas devem ser tomadas rapidamente.

Integrar o monitoramento de vazão inteligente e a detecção de vazamentos avançada na solução de monitoramento do sistema de refrigeração possibilitará uma visibilidade proativa para identificar condições prejudiciais. Estes cenários poderiam incluir vazamento de fluido do sistema, níveis de umidade permitindo a condensação e temperaturas elevadas do fluido sendo fornecido diretamente para os equipamentos de TI.

Com a refrigeração líquida, outra preocupação importante é a qualidade do fluido refrigerante. Os parâmetros do fluido que causam corrosão, obstrução ou limitação da capacidade de transferência de calor do fluido devem ser identificados e considerados ao selecionar um pacote de software de monitoramento.

Sistemas refrigerados a líquido e refrigerados a ar devem ambos proporcionar dados a montante para as superiores soluções de monitoramento, através de protocolos industriais padrão, para integração mais fácil com as interfaces em comum existentes, de forma a proporcionar uma visão holística do estado do sistema. Isso permite que as equipes de operações das instalações de MTDC ou de DC empresarial reportem facilmente essas informações para atender aos requisitos dos clientes e da legislação.

- **Alavancar os controles do sistema de proteção:** Para sistemas refrigerados a líquido, controles robustos devem fornecer não apenas uma lógica exemplar dos componentes da unidade de refrigeração, mas também o reconhecimento de vários dispositivos e recursos de reação no nível do sistema. À medida que as densidades de calor aumentam, o tempo de reação do sistema para responder a eventos com um escopo maior de dados (fora do controlador de uma única unidade) se torna mais importante. Usar controladores avançados integrados habilita interfaces programáticas e flexíveis para coletar conjuntos não tradicionais de dados, para melhor proteção dos equipamentos de TI e eficiência energética de todo o sistema.

O reconhecimento interdispositivos através dessas interfaces permite a operação em todo o sistema por meio do compartilhamento de setpoints e proteção paralela da vazão e das temperaturas do sistema. O failover automatizado dos

componentes e unidades redundantes garantem essa proteção, enquanto parâmetros de controle específicos de refrigeração líquida permitem a fácil implementação de iniciativas de eficiência energética.

- **Usar numerosos sistemas de detecção de vazamentos:** Sistemas de detecção de vazamentos devem ser colocados ao longo dos componentes do sistema chegando ou saindo de uma CDU e em locais críticos ao longo da tubulação.

Eles proporcionam alarmes proativos quando a pressão do fluido cair nos níveis do nó, do rack ou do data center, indicando um vazamento. Esses sistemas também podem identificar onde ocorre um vazamento, permitindo que as equipes façam desligamentos controlados da CUS, dos servidores e de seus sistemas de refrigeração, simplificando a identificação/resolução de problemas e os processos de reparo. Implementar sistemas que possam gerenciar temperatura abaixo do ponto de orvalho é vital para limitar a formação de condensação e evitar possíveis vazamentos.

- **Implementar sistemas com medidas integradas de cibersegurança:** Uma das prioridades máximas dos gestores de data centers é a cibersegurança, de acordo com pesquisas do Uptime Institute. Com base em respostas de pesquisas, 43% dos participantes começaram ou aumentaram medidas de cibersegurança em resposta a mudanças na regulamentação e 64% dos participantes mencionaram preocupações com a segurança dos dados com um dos principais motivos para não hospedar cargas de trabalho de missão crítica em data centers na nuvem.² Isso ultrapassa os equipamentos de TI e chega na infraestrutura de suporte. CDUs, RDHx, equipamentos de alimentação de energia de suporte e outros requerem proteção contra ameaças cibernéticas. Selecionar equipamentos de fornecedores que integram proteção em suas unidades retira a pressão dos gestores de sistemas e acelera os tempos de implementação.

Uma precaução: Se a equipe de TI e facilities adotar fluidos não condutivos ou de baixa condutividade no futuro, eles deverão revisar e aprimorar os sistemas existentes para garantir que eles possam continuar a detectar quaisquer mudanças nas condições do fluido.

² Douglas Donnellan, et al., Pesquisa Uptime Institute Global Data Center 2023, Uptime Institute, Julho 2023, páginas 21-22, <https://uptimeinstitute.com/resources/research-and-reports/uptime-institute-global-data-center-survey-results-2023>



Aproveitando os serviços de projeto para se preparar para a ativação de nova capacidade

A equipe de TI e de facilities pode aproveitar os serviços de projeto de um parceiro para se preparar para a instalação, comissionamento e start-up do sistema de refrigeração líquida. Como um projeto de infraestrutura importante, ele requer um planejamento e uma coordenação cuidadosa. As fases do projeto e os serviços incluem:

- **Navegar pelo design da aplicação:** A equipe de TI e facilities aproveitará os serviços disponíveis e trabalhará com os parceiros essenciais para determinar o escopo do trabalho que precisa ser realizado no site através de uma avaliação térmica e elétrica. Este processo inclui proporcionar instruções escritas para os contratistas de elétrica sobre onde instalar ou fazer o upgrade de barramentos blindados e disjuntores de PDUs em painéis elétricos remotos e quadros de distribuição. Para refrigeração, pode envolver derrubar paredes, acrescentar ou redirecionar tubulações, direcionar água por circuitos de água gelada e implementar manifolds.
- **Conduzir testes fora do site:** O integrador de sistemas testará todos os sistemas fora do site para assegurar que eles funcionem perfeitamente antes de instalá-los no data center. A equipe de TI e facilities deve pré-inspecionar os equipamentos quando eles forem entregues para garantir que funcionem adequadamente.
- **Oferecer serviços de gestão de projeto:** A equipe de TI e facilities deve desenvolver um documento detalhando quem é responsável, imputável, consultado e informado (a matriz de atribuição de responsabilidades ou RACI). Esse grupo deve incluir as equipes de TI, de facilities, de saúde e segurança, o consultor de projeto, os fabricantes de equipamento e os consultores de mecânica, elétrica e TI.

Após criar a RACI, a equipe de TI e facilities deve trabalhar com especialistas no site para criar um plano de saúde e segurança que discuta as tarefas, métodos, riscos e estratégias de mitigação. Então, a equipe de TI e facilities pode criar um plano para o site com o consultor do projeto, incluindo todos os projetos hidráulicos, mecânicos e elétricos para o espaço a ser trabalhado.

Por último, a equipe de TI e facilities criará guias operacionais que as equipes e os parceiros usarão para serviços, identificar e resolver problemas e para manutenção emergencial. Ao criar processos definidos, implementar controles e manter uma rígida governança, o grupo responsável por implementar o sistema de refrigeração híbrida a ar e líquido pode mitigar riscos e garantir a implementação e o processo de transferência seguros e eficazes.

- **Instalar o novo sistema:** A equipe externa de integração então implementará a nova infraestrutura de refrigeração híbrida aproveitando todos os documentos de orientação e os trabalhos de preparação. A equipe de TI e facilities deve assegurar que qualquer empresa externa trabalhando com o projeto de refrigeração líquida envie apenas engenheiros certificados para o site.

Uma precaução é manter o espaço e os equipamentos limpos para estarem prontos para o comissionamento e start-up. A equipe de integração deve instalar tampas terminais em toda a tubulação, manifolds e conexões abertas.

- **Fazer o start-up dos sistemas:** Para se certificar de que a nova infraestrutura de refrigeração híbrida esteja pronta para uso, os contratistas conduzirão uma série de testes, incluindo L3 (start-up e teste de detecção de vazamentos), L4 (teste de aceitação do site que pode demandar um teste especializado de banco de carga) e L5 (teste de integração). O teste de integração determinará se a refrigeração, a alimentação de energia, a sala e os sistemas de monitoramento estão todos efetivamente funcionando juntos para gerenciar as cargas de calor alvo que representam as condições operacionais diárias para as quais os sistemas precisarão dar suporte.
- **Entregar o novo sistema:** Os fabricantes dos equipamentos podem treinar a equipe de TI e facilities nos novos sistemas para que ela entenda como operar e manter os sistemas de forma eficaz e o que fazer quando detectar anomalias na performance.

Realizando Manutenção Contínua

Sistemas de refrigeração líquida precisam ser constantemente monitorados e controlados. As equipes deverão garantir que todos os fluidos usados nos sistemas sejam de alta qualidade e consistentes em todas as aplicações e que quaisquer vazamentos serão identificados e mitigados proativamente. Os fabricantes dos equipamentos podem proporcionar serviços contínuos para proteger os caros sistemas de refrigeração líquida e garantir uma operação eficaz. Estes serviços incluem:

- **Conduzir monitoramento remoto:** Os fabricantes dos equipamentos podem proporcionar um portal web remoto para que as equipes de TI e facilities possam gerenciar os sistemas de refrigeração líquida em todo o mundo. As equipes no site responderão aos alarmes locais do seu sistema de gestão predial, enquanto o parceiro fornecerá monitoramento com base nas condições. Ao identificar anomalias, o parceiro pode recomendar e conduzir manutenção proativa e preventiva para evitar vazamentos e paradas do sistema.
- **Realizar manutenção preventiva:** Durante visitas rotineiras ao site, um parceiro realizará a checagem visual e de controle da mecânica, da elétrica e da hidráulica, fará a manutenção de bombas, trocará os filtros e procurará por quaisquer sinais de corrosão. O gerenciamento do fluido pode ocorrer durante essas visitas. Os parceiros gerenciarão os sistemas para alcançar os SLAs pré-determinados e proporcionar relatórios contínuos.
- **Gerenciar os fluidos:** Qualquer fluido que passe através dos manifolds precisa estar excepcionalmente puro. Um parceiro

deve retirar amostras dos fluidos pelo menos duas vezes ao ano, enviando as amostras para um laboratório para testes e tomar qualquer medida corretiva para restaurar a qualidade dos fluidos.

- **Supervisionar a gestão de ativos:** Empresas que dependem de servidores refrigerados a líquido em seus data centers globais provavelmente buscarão terceirizar o gerenciamento do sistema. Um parceiro pode gerenciar instalações no mundo todo, cumprir SLAs e proporcionar relatórios sobre quando os fluidos e os sistemas foram verificados pela última vez e qual manutenção foi realizada.

É importante observar que determinados fornecedores de equipamentos de TI terão requisitos específicos relacionados à operação segura de seus produtos, incluindo a aplicação de sistemas de refrigeração líquida. É recomendado que qualquer solução proposta seja verificada com o fornecedor dos equipamentos de TI para evitar potenciais perdas de cobertura das garantias.

Avançando com a Refrigeração Híbrida

Proprietários e operadores de data centers têm diversas decisões a tomar no nível do rack e da fila à medida que as densidades de potência aumentam em seus data centers existentes para atender às demandas dos negócios e dos clientes por cargas de trabalho de HPC como analytics e IA.

Navegar pelas mudanças na infraestrutura crítica associadas com maiores densidades de potência nos racks pode ser uma tarefa hercúlea. As equipes de TI e facilities podem explorar a expertise dos consultores do projeto para projetar sistemas de refrigeração híbrida que atendam às necessidades comerciais e técnicas. Elas podem também acessar especialistas em empresas que fabricam soluções de gerenciamento térmico para infraestrutura crítica para aprender quais soluções melhor atendem suas necessidades e seu orçamento.

Antes de recomendar soluções de refrigeração líquida, a Vertiv trabalha junto aos clientes para responder perguntas críticas sobre suas instalações, cargas de trabalho e mais. A Vertiv oferece produtos que dão suporte à toda a cadeia de gerenciamento térmico (refrigeração a ar, refrigeração líquida, e rejeição de calor externa), equipamentos de distribuição e energia, racks e confinamento e software de monitoramento remoto para proporcionar soluções completas e simplificar o processo de compra e outros processos durante o ciclo de vida. Por fim, os clientes podem aproveitar nossos serviços de monitoramento remoto, manutenção preventiva e identificação/resolução de problemas para manter as soluções de refrigeração líquida tendo uma performance em níveis máximos.

Pronto para comprar?

Contate a Vertiv para obter suporte no desenvolvimento do design ótimo de infraestrutura de refrigeração híbrida para atender às necessidades do seu negócio e do seu site.

Contate a Vertiv para receber uma chamada investigativa de cortesia, na qual conversaremos com você para aprender sobre as suas necessidades e trabalharemos juntos para desenvolver uma solução que atenda às suas necessidades do presente e posicione a sua instalação para o crescimento futuro.

Agende hoje a sua sessão investigativa de cortesia.



Apêndice A: Criando o design ótimo do sistema

A tabela abaixo oferece diretrizes para equipes se preparando para adquirir equipamentos para refrigeração líquida. Ela lista grupos de produtos que devem ser comprados ao mesmo tempo para simplificar os processos de compra e integração.

Tipo de produto	Tipo de instalação	Descrição	Categoria	Processo de orçamento
Rack de TI	Nova	Racks dão suporte a vários equipamentos, incluindo servidores, armazenamento, switches, roteadores, PDUs, unidades de UPS, porta de console serial, e switches KVM.	Racks & confinamento	
Gerenciamento de cabos e de fluxo de ar	Nova	Acessórios de gerenciamento vertical de cabos para o rack proporcionam uma linha vertical de fingers para gerenciamento de cabos.	Racks & confinamento	As equipes de TI e facilities devem trabalhar juntas para avaliar essas soluções e garantir que elas se adequem à solução de gerenciamento térmico.
Passagem de cabos pelo rack	Nova	Passagem de cabos para cabeamento aéreo de energia e de rede.	Racks & confinamento	
Panéis cegos	Nova	Fecham o espaço U não utilizado dentro do rack, promovendo o fluxo de ar adequado e minimizando o ar de bypass.	Racks & confinamento	
Unidade de Distribuição de Refrigerante	Nova e Retrofit	Projetadas para remover as barreiras para a refrigeração líquida em ambientes refrigerados a ar. As CDUs estão disponíveis como trocadores de calor de líquido para líquido para aplicações de chips e de porta traseira que oferecem uma implementação com ótimo custo-benefício em qualquer data center.	Refrigeração Líquida	
Acessórios para a CDU	Nova e Retrofit	Cabos para detecção de água proporcionam uma detecção de vazamentos integrada para CDU.	Detecção de Vazamentos	TI fornecerá informações sobre a densidade de potência enquanto o consultor de projeto fornecerá input.
Mangueiras para a CDU	Nova e Retrofit	Um par para cada distribuição - do primário e do secundário.	Refrigeração Líquida	Essas soluções devem ser compradas no início da seleção do design.
Manifold de Distribuição	Nova e Retrofit	Manifolds na fila possibilitam o suporte para equipamentos de TI refrigerados a líquido, distribuindo fluido das CDUs para os racks individuais.	Refrigeração Líquida	
Cj. de Manifolds do Rack	Nova e Retrofit	O manifold no rack oferece fornecimento e retorno para conectar líquido entre a fonte de refrigeração da instalação da fila/sala e o servidor.	Refrigeração Líquida	
Chiller Interno	Retrofit	Trabalhando em conjunto com um RDHx, os chillers internos integram economização por refrigerante bombeado para atingir maior eficiência. Eles resfriam rápida e eficientemente pods de racks de alta densidade em data centers refrigerados.	Rejeição de Calor	
Condensadora de Alta Densidade	Retrofit	Uma condensadora de alta densidade no telhado/terraço para uso com um chiller interno.	Rejeição de Calor	A condensadora será dimensionada dependendo das condições ambientais e da capacidade térmica necessária.
Chiller de Free-Cooling	Nova	Um chiller externo de free-cooling que proporciona água gelada para as CRAHs em uma solução já existente. Se dimensionado corretamente, ele pode também ser conectado diretamente com as CDUs. Um novo chiller de free-cooling maior pode ser implementado para fornecer capacidade de refrigeração tanto para as CRAHs como para as CDUs.	Rejeição de Calor	
Rack PDU	Nova e Retrofit	PDUs no rack, chaveadas com monitoramento no nível das tomadas, oferecem proteção para os equipamentos de TI.	Distribuição de Energia	
Barramento Blindado	Nova e Retrofit	Distribui alimentação de energia da instalação para os gabinetes de TI.	Distribuição de Energia	
Componentes do Barramento	Nova e Retrofit	Cofres de derivação e disjuntores para dar suporte à rack PDU e às fontes de alimentação A+B.	Distribuição de Energia	O consultor de projeto, o engenheiro de especificação e as equipes de facilities e de elétrica devem trabalhar em conjunto para alinhar a soluções de refrigeração líquida com as especificações de energia.
PDU e/ou RPP	Nova e Retrofit	PDU e RPP montadas no piso distribuem energia para o barramento blindado e para conexões diretas no rack.	Distribuição de Energia	
Switchgear	Nova e Retrofit	Garante o fluxo adequado de energia, protege os equipamentos e isola os sistemas de energia do data center.	Distribuição de Energia	
UPS	Nova	Unidades UPS independentes montadas no piso proporcionam alimentação de energia otimizada pelo espaço ocupado, oferecendo alta eficiência, proteção elétrica robusta e paralelismo inteligente para aprimorar a performance com cargas parciais.	UPS	Essas soluções devem ser compradas ao mesmo tempo em que os produtos de refrigeração.
Baterias de UPS (Greenfield apenas)	Nova	Baterias de ion-lítio para os UPSs proporcionam o melhor TCO.	UPS	

Apêndice B: Glossário

Unidade de distribuição de refrigerante (CDU) – As CDUs Distribuem fluidos do chiller para o data hall para a CDU, racks e de volta através de um circuito secundário separado do fornecimento de água gelada. As CDUs podem ser usadas com RDHs, placas frias e refrigeração líquida. Elas oferecem o recurso de filtragem de fluido para proteger os equipamentos e proporcionar monitoramento de temperatura e da taxa de vazão, permitindo às equipes ajustar ambas para otimizar as operações.

Dinâmica dos fluidos computacional (CFD) – Um cálculo numérico realizado para simular fluxo turbulento e laminar, proporcionando valores da pressão, densidade e temperatura em um volume. Para data centers, isso significa analisar os equipamentos de refrigeração a ar e de refrigeração líquida para determinar as taxas de vazão, as temperaturas do ar e dos fluidos e a capacidade de refrigeração vigente e futura, e para determinar se a tubulação existente é suficiente para a infraestrutura de refrigeração híbrida.

Refrigeração líquida direta ao chip (DTC) – As placas frias de DTC ficam em cima dos componentes geradores de calor das placas para remover o calor através de placas frias de uma fase ou unidades evaporadoras de duas fases. Essas tecnologias de refrigeração podem remover ao redor de 70 a 75% do calor gerado pelos equipamentos no rack, deixando de 25 a 30% que precisará ser removido pelos sistemas de refrigeração a ar.

Modelagem da rede de vazão – Um processo de análise usado para calcular as temperaturas e taxas de vazão do sistema completo. OS data centers se beneficiam enormemente deste tipo de estudo ao validar os designs das redes de vazão atuais e propostas, tamanho da tubulação, tamanho das bombas, etc. Isso ajuda a garantir que a infraestrutura possa dar suporte à TI implementada em termos de capacidade de refrigeração.

Infraestrutura de refrigeração híbrida – Uma combinação de unidades de gerenciamento térmico refrigeradas a ar refrigeradas a líquido projetadas para fornecer maior capacidade de refrigeração, eficiência e sustentabilidade.

Trocar de calor de líquido para ar – Para um sistema de líquido para ar, a CDU transfere o calor para o ambiente utilizando um design de serpentina de trocador de calor dentro da CDU para remover o calor. Os produtos nesta categoria não precisam que tubulação de água seja conectada ao sistema do prédio para a rejeição de calor. Essas unidades possibilitam refrigeração líquida localizada para equipamentos de TI de alto rendimento, mas aproveita as tecnologias dos sistemas existentes nos data centers para dissipar calor.

Trocador de calor de líquido para líquido – Para um sistema de líquido para líquido, a CDU transfere calor de um líquido para outro para a remoção de calor. Normalmente isto é feito passando-se os dois fluidos um pelo outro separados por uma placa fina, normalmente em um trocador de calor de placas. CDUs de líquido para líquido resultam na melhor performance de refrigeração, entretanto, elas demandam a instalação de canos e bombas para se conectarem ao fornecimento de água da instalação.

Manifold (rack e fila) – Manifolds são sistema de distribuição de fluido que servem para levar refrigerante para os racks e para os servidores individuais em um data center.

Manifolds de linha incluem a tubulação do sistema de fornecimento e de retorno para distribuir refrigerante da CDU para o rack. Isso também é conhecido como a rede de fluido secundária. Os manifolds de rack incluem o sistema de fornecimento e de retorno para distribuir refrigerante da rede de fluido secundária para os servidores refrigerados a líquido no rack.

Eficácia no uso da energia (PUE) – Métrica usada para determinar a eficiência energética geral de um data center. A PUE é determinada através da divisão do uso energia total da instalação pelo uso de energia pelos equipamentos de TI. Quando menor for o valor da PUE de um data center, o mais eficientemente ele está operando. O valor alvo é 1,0 com o valor médio para os data centers ficando abaixo de 1,6.

Trocadores de calor de porta traseira (RDHx) – Trocadores de calor passivos ou ativos substituem a porta traseira do rack de equipamentos de TI por um trocador de calor a líquido. Esses sistemas podem ser usados em conjunto com sistemas refrigerados a ar para refrigerar ambientes com densidades de racks mistas.

Redundância (N, N+1, N+2, 2N) – Unidades adicionais implementadas para evitar os riscos associados com a falha da unidade. N é definido como a infraestrutura mínima (energia, refrigeração, etc.) necessária para dar suporte à implementação de TI no data center e não inclui quaisquer unidades extras. Sistemas com redundância N+1 e N+2 têm respectivamente uma ou duas unidades extras de infraestrutura implementadas, Sistemas com redundância 2N tem uma total redundância de 1:1 integrada em cada componente de infraestrutura no data center.

Emissões de Escopo 2 – Emissões indiretas de gases de efeito estufa associadas com a compra de eletricidade, vapor, calor ou refrigeração. Apesar do processo de produzir esses elementos ocorra na instalação onde eles são gerados, a organização é obrigada a contabilizá-los como resultado do uso de energia pelo data center.

Potência térmica de projeto (TDP) – A quantidade máxima de calor gerada por uma unidade central de processamento (CPU), GPU ou chipsets, medidos em watts. Quando maior for a potência térmica de projeto de um componente, mais capacidade de refrigeração é necessária para manter uma operação eficiente.

Custo total de propriedade (TCO) – O valor necessário para comprar os equipamentos mais os custos de operação e manutenção. Ao implementar equipamentos mais eficientes no data center, as equipes podem reduzir o custo da operação e, portanto, reduzir o TCO durante a vida útil do produto.

Eficácia no uso da água (QUE) – A relação entre a quantidade de água usada nos sistemas do data center (circuitos de água, torres adiabáticas, umidificação, etc.) e o consumo de energia dos equipamentos de TI. Quando menor for a taxa de WUE do data center, mais eficiente é o uso do recurso água. Um data center normal usando tecnologias de refrigeração evaporativa tem uma WUE de 1,8 litros/kW.



Vertiv.com | Sede da Vertiv, 505 N Cleveland Ave, Westerville, OH 43082, Estados Unidos da América

© 2024 Vertiv Group Corp. Todos os direitos reservados. Vertiv™ e o logo Vertiv são marcas ou marcas registradas da Vertiv Group Corp. Todos os demais nomes e logos que fazem referência são nomes comerciais, marcas, ou marcas registradas de seus respectivos donos. Embora todas as precauções tenham sido tomadas para assegurar que esta literatura esteja completa e correta, a Vertiv Group Corp. não assume e se exime de qualquer responsabilidade por danos resultantes do uso dessas informações ou por quaisquer erros ou omissões. Especificações, descontos e outras ofertas promocionais estão sujeitos a mudanças à critério exclusivo da Vertiv mediante notificação.