

CLIMATIZAÇÃO DE DATA CENTER: PRECISÃO, INROW, CONTENÇÃO E ÁGUA GELADA

Entenda como projetar climatização de precisão para Data Centers, comparando CRAC, CRAH, InRow, contenção, expansão direta, água gelada, redundância e critérios de aceite.

SUMÁRIO

1. POR QUE A CLIMATIZAÇÃO DE DATA CENTER É DIFERENTE DO AR-CONDICIONADO DE CONFORTO?	4
2. COMO TRANSFORMAR O RISCO OPERACIONAL EM REQUISITOS TÉRMICOS	5
3. FAIXA RECOMENDADA NÃO É IGUAL À FAIXA PERMITIDA	5
4. TEMPERATURA, UMIDADE RELATIVA E PONTO DE ORVALHO	6
5. COMO CALCULAR A CARGA TÉRMICA DO DATA CENTER	6
5.1. CARGA MÍNIMA, CARGA PARCIAL E CARGA MÁXIMA	7
6. EXEMPLO CONCEITUAL DE CARGA TÉRMICA	7
7. CRAC, CRAH E INROW: TECNOLOGIAS EM EIXOS DIFERENTES	8
8. EXPANSÃO DIRETA: VANTAGENS E LIMITAÇÕES	9
9. ÁGUA GELADA: CENTRAL TÉRMICA, CRAH E DISTRIBUIÇÃO	9
9.1. CHILLERS, REJEIÇÃO DE CALOR E CONDIÇÃO CLIMÁTICA	10
10. CONTENÇÃO, DISTRIBUIÇÃO DE AR E A IMPORTÂNCIA DO ΔT	10
11. INROW, UNIDADES PERIMETRAIS E RESFRIAMENTO PRÓXIMO À CARGA	10
12. QUANDO O RESFRIAMENTO LÍQUIDO ENTRA NO PROJETO?	11
13. REDUNDÂNCIA DA CLIMATIZAÇÃO: N, N+1 E 2N	11
13.1. MANUTENIBILIDADE SIMULTÂNEA	12
14. FALHA ELÉTRICA E CONTINUIDADE TÉRMICA	12
15. AUTOMAÇÃO, BMS, EPMS E DCIM	12
15.1. ALARMES DEVEM REPRESENTAR RISCO, NÃO APENAS DESVIO	13
16. QUALIDADE DO AR, FILTRAGEM E PRESSURIZAÇÃO	13
17. DETECÇÃO DE VAZAMENTO E GESTÃO DE ÁGUA	13
18. EFICIÊNCIA ENERGÉTICA: CAPACIDADE ÚTIL ANTES DE EFICIÊNCIA NOMINAL	14
18.1. FREE COOLING E ECONOMIZAÇÃO	14
19. CFD: QUANDO A SIMULAÇÃO É NECESSÁRIA?	14
20. COMO ESPECIFICAR CRAC, CRAH E A PLANTA DE RESFRIAMENTO	15
21. COMISSONAMENTO DA CLIMATIZAÇÃO DE DATA CENTER	15
21.1. O QUE MEDIR DURANTE O ACEITE	16
22. OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO	16
23. ERROS COMUNS EM PROJETOS DE CLIMATIZAÇÃO DE DATA CENTER	16
23.1. DIMENSIONAR PELA POTÊNCIA DE PLACA DOS SERVIDORES	16
23.2. CONTROLAR APENAS A TEMPERATURA MÉDIA DA SALA	17
23.3. DECLARAR N+1 APENAS PELA QUANTIDADE DE UNIDADES	17
23.4. IGNORAR CARGA PARCIAL	17

23.5. USAR A FAIXA PERMITIDA COMO SETPOINT NORMAL	17
23.6. SEPARAR CLIMATIZAÇÃO DA ARQUITETURA ELÉTRICA	17
23.7. NÃO TESTAR MODOS DE FALHA	17
24. MATRIZ DE DECISÃO	18
25. NORMAS E REFERÊNCIAS APLICÁVEIS	18
26. RESUMO TÉCNICO	18

Um sistema de climatização de Data Center não pode ser projetado como uma instalação convencional de conforto. O objetivo não é apenas manter uma temperatura média agradável na sala, mas remover continuamente o calor produzido pelos equipamentos de tecnologia da informação, entregar ar ou fluido nas condições exigidas por cada ativo, controlar umidade e contaminantes, manter capacidade durante falhas e permitir manutenção sem comprometer a operação crítica.

Por isso, a **climatização de precisão para Data Centers** precisa ser analisada como uma arquitetura completa. A solução envolve carga térmica atual e futura, CRAC, CRAH, unidades InRow, expansão direta, água gelada, contenção dos corredores, bombas, chillers, rejeição de calor, automação, alimentação elétrica, redundância, resposta a falhas e comissionamento. Um equipamento corretamente selecionado pode apresentar desempenho inadequado quando o fluxo de ar, o circuito hidráulico ou os estados degradados não foram projetados em conjunto.

A **ABNT NBR 17207:2025**, específica para sistemas de ventilação e climatização em ambientes de tecnologia da informação, comunicação e Data Centers, fornece hoje a principal referência brasileira para os critérios ambientais e para a organização do projeto térmico. Este artigo interpreta esses requisitos e os conecta a decisões de engenharia, operação e aceite.

1. POR QUE A CLIMATIZAÇÃO DE DATA CENTER É DIFERENTE DO AR-CONDICIONADO DE CONFORTO?

Em ocupações convencionais, a carga térmica varia com o número de pessoas, a incidência solar, a iluminação e o horário de uso. Em um Data Center, a carga dominante é interna, sensível e potencialmente contínua. Servidores, armazenamento, switches, roteadores, UPS, transformadores e equipamentos auxiliares convertem quase toda a energia elétrica consumida em calor que precisa ser retirado do ambiente.

Essa característica altera a seleção do sistema. A capacidade latente necessária costuma ser proporcionalmente menor do que em aplicações de conforto, enquanto a remoção de calor sensível, a vazão de ar, o controle de ponto de orvalho e a operação ininterrupta ganham importância. O equipamento precisa trabalhar durante todo o ano, responder a variações rápidas de carga de TI e continuar disponível quando uma unidade, circuito ou fonte de energia estiver em manutenção ou falha.

Também não basta controlar a temperatura em um ponto da sala. O parâmetro crítico é a condição na entrada dos equipamentos de TIC. Uma sala pode apresentar temperatura média aparentemente adequada e, ainda assim, conter racks com recirculação de ar quente, baixa vazão, gradientes verticais ou pontos de entrada acima do limite permitido.

2. COMO TRANSFORMAR O RISCO OPERACIONAL EM REQUISITOS TÉRMICOS

O projeto deve começar pelo impacto da perda de resfriamento. A pergunta principal não é “quantos aparelhos serão instalados?”, mas por quanto tempo os equipamentos de TIC podem permanecer operando após uma falha, quais cargas precisam ser preservadas e quais estados de manutenção e contingência a instalação deve suportar.

Essa análise precisa ser registrada no OPR, na URS e na Basis of Design. O artigo [Basis of Design, OPR e URS em projetos de Data Center](#) explica como consolidar objetivos, premissas e critérios verificáveis antes do projeto executivo.

Questão de projeto	Decisão necessária	Evidência esperada
Qual é o impacto da perda térmica?	Definir continuidade requerida e tempo máximo de recuperação	Matriz de risco e criticidade
Qual carga deve ser resfriada?	Estabelecer carga atual, mínima, máxima, futura e por cenário	Inventário térmico e perfil de ocupação
Quais falhas serão suportadas?	Definir N, N+1, 2N, circuitos e pontos comuns	Matriz de estados operacionais
Como o calor será transportado?	Selecionar ar, água, refrigerante ou solução híbrida	Diagrama funcional e balanço térmico
Como será comprovado?	Definir instrumentação, FAT, SAT e testes integrados	Plano de comissionamento e critérios de aceite

O nível de redundância precisa ser consequência dessa análise. Um sistema N+1 pode ser suficiente em um empreendimento e inadequado em outro. Da mesma forma, dois equipamentos instalados na mesma sala, alimentados pelo mesmo quadro, conectados ao mesmo circuito hidráulico e controlados pelo mesmo painel podem apresentar redundância aparente, mas continuar expostos a falhas comuns.

3. FAIXA RECOMENDADA NÃO É IGUAL À FAIXA PERMITIDA

A ABNT NBR 17207 diferencia a faixa ambiental recomendada da faixa permitida. A faixa recomendada busca preservar eficiência energética, confiabilidade e vida útil. A faixa permitida representa condições em que o fabricante ensaiou a funcionalidade do equipamento, mas não constitui garantia de mesma confiabilidade ou longevidade.

Para as classes ambientais A1 a A4, a referência brasileira estabelece uma faixa recomendada de temperatura de entrada entre 18 °C e 27 °C, associada a limites de umidade e ponto de orvalho. Isso não significa que toda sala deva ser controlada em um único valor fixo nem que o sensor de retorno do condicionador represente a condição dos servidores. A verificação precisa ocorrer nas entradas dos ativos, considerando a classe declarada pelo fabricante e a distribuição real do fluxo de ar.

Operar ocasionalmente dentro da faixa permitida pode fazer parte de uma estratégia de contingência ou eficiência. Transformar essa condição em regime permanente sem análise pode reduzir margem térmica, aumentar falhas e encurtar a vida dos equipamentos. O projeto deve estabelecer valores de operação normal, alertas, alarmes e limites de emergência, com temporizações coerentes e resposta operacional definida.

4. TEMPERATURA, UMIDADE RELATIVA E PONTO DE ORVALHO

O controle de umidade em Data Centers não deve ser tratado apenas pela umidade relativa. A umidade relativa muda com a temperatura, enquanto o ponto de orvalho representa de forma mais consistente o teor de umidade do ar. Por isso, a ABNT NBR 17207 recomenda que o monitoramento e o controle considerem o ponto de orvalho.

Umidade elevada aumenta risco de condensação, corrosão e falhas associadas a contaminantes higroscópicos. Umidade muito baixa pode contribuir para descargas eletrostáticas, embora o risco dependa também de materiais, aterramento, procedimentos e controle de ESD. O objetivo não é umidificar ou desumidificar indiscriminadamente, mas manter o ambiente dentro da faixa requerida com o menor consumo e sem criar instabilidade.

Os sensores precisam ser distribuídos de acordo com o risco. Leituras apenas no retorno das unidades podem mascarar pontos quentes. Em salas com densidades diferentes, o projeto deve monitorar entradas de racks representativos, zonas críticas, retorno, insuflação e, quando aplicável, condições do circuito de água e do ambiente externo.

5. COMO CALCULAR A CARGA TÉRMICA DO DATA CENTER

O cálculo começa pela potência efetivamente dissipada pelos equipamentos de TIC. A potência máxima indicada na placa da fonte não representa necessariamente o consumo real nem deve ser utilizada automaticamente como carga térmica. O projeto precisa combinar dados de fabricante, medições, perfil de utilização, crescimento previsto e cenários de contingência.

Além da carga de TIC, entram no balanço as perdas de UPS e distribuição elétrica, iluminação, pessoas, envoltória, infiltração, renovação de ar, ventiladores internos, bombas e equipamentos localizados no ambiente. Quando parte do calor é removida diretamente por líquido, essa parcela deve ser separada da carga que permanece no ar da sala.

Carga térmica de projeto = carga de TIC resfriada pelo ambiente + perdas elétricas internas + cargas prediais + margem de expansão justificada

A margem não deve substituir o inventário. Superdimensionar a planta para cobrir incertezas reduz eficiência em carga parcial, aumenta ciclos de compressor, dificulta controle e eleva CAPEX. Subdimensionar compromete a capacidade durante expansão, manutenção ou condições ambientais extremas.

5.1. CARGA MÍNIMA, CARGA PARCIAL E CARGA MÁXIMA

A infraestrutura de TI é dinâmica. O projeto deve conhecer não apenas a carga máxima prevista, mas a carga mínima, a velocidade de variação e a distribuição por rack. Na maior parte do tempo, chillers, compressores, ventiladores e bombas operam abaixo do pico. Por isso, eficiência em carga parcial, capacidade de modulação e estabilidade de controle são tão importantes quanto a capacidade nominal.

Uma planta que atende ao pico, mas apresenta baixa relação de redução, pode operar com ciclos frequentes, válvulas instáveis, baixa diferença de temperatura e consumo excessivo. O escalonamento de unidades, inversores de frequência, ventiladores EC e controles de capacidade devem ser avaliados no conjunto.

6. EXEMPLO CONCEITUAL DE CARGA TÉRMICA

Considere uma sala com 400 kW de carga de TIC projetada, 28 kW de perdas internas de UPS e distribuição, 12 kW de iluminação e auxiliares e 10 kW de outras cargas térmicas. A carga sensível de referência seria de 450 kW antes da consideração de expansão.

Se o plano de capacidade prevê crescimento para 520 kW de TIC, a solução não deve simplesmente instalar toda a planta final e operá-la por anos com baixa carga. Uma alternativa é modular a implantação, utilizando unidades e circuitos que mantenham eficiência e redundância tanto na fase inicial quanto no estado final.

O valor de 450 kW também não define sozinho os equipamentos. Ainda é necessário avaliar condição externa de projeto, temperatura de água, ΔT , vazão, distribuição de ar, perda de carga, capacidade com uma unidade indisponível, recuperação após falha elétrica e comportamento do sistema em carga parcial.

7. CRAC, CRAH E INROW: TECNOLOGIAS EM EIXOS DIFERENTES

A ABNT NBR 17207 define CRAC como o condicionador de ar da sala de computadores que utiliza expansão direta. Nesse arranjo, o refrigerante realiza a troca térmica na própria unidade de ambiente, e o calor é rejeitado por condensador remoto, unidade externa ou circuito associado.

O CRAH é uma unidade de tratamento de ar para sala de computadores que utiliza expansão indireta, normalmente com água gelada ou outro fluido térmico fornecido por uma central. O CRAH contém serpentina, ventiladores, filtros, controles e, conforme o projeto, recursos de umidificação ou desumidificação, mas a produção principal de frio ocorre fora da sala.

Critério	CRAC — expansão direta	CRAH — água gelada ou fluido térmico
Produção de frio	Integrada ao circuito frigorífico da unidade	Realizada por central de água gelada
Escala típica	Salas menores, módulos independentes e expansão distribuída	Plantas médias e grandes com infraestrutura central
Redundância	Pode ser distribuída por unidades e circuitos frigoríficos	Depende de chillers, bombas, tubulações, válvulas e CRAHs
Manutenção	Intervenções distribuídas, com maior quantidade de circuitos	Centraliza equipamentos, mas cria dependências hidráulicas
Eficiência	Depende de tecnologia, condição externa e modulação	Pode apresentar alta eficiência em escala e com economização
Risco de fluido na sala	Refrigerante e dreno de condensado	Água ou fluido térmico e dreno de condensado

CRAC e CRAH descrevem principalmente o meio e o ciclo de remoção de calor: expansão direta ou água gelada. InRow descreve a posição da unidade em relação aos racks e pode utilizar qualquer um desses arranjos térmicos. Portanto, não são alternativas equivalentes na mesma dimensão. A solução pode combinar CRAHs perimetrais com unidades InRow em zonas de maior densidade, desde que capacidade, controles, hidráulica, drenagem, manutenção e redundância sejam avaliados como um único sistema.

Não existe uma tecnologia universalmente superior. A escolha depende de porte, densidade por rack, expansão, clima, disponibilidade de espaço, restrições de água, capacidade operacional, manutenção, custo do ciclo de vida e arquitetura de redundância.

Projeto de climatização e infraestrutura crítica

CRAC, CRAH, chillers, bombas, distribuição de ar, automação e energia precisam ser projetados como um único sistema, com capacidade normal e degradada verificáveis.

[Conheça o serviço de Projeto de Climatização](#)

8. EXPANSÃO DIRETA: VANTAGENS E LIMITAÇÕES

Soluções de expansão direta podem reduzir a dependência de uma central térmica e facilitar implantação modular. Cada unidade pode possuir circuito frigorífico e rejeição de calor próprios, permitindo crescimento por etapas. Essa característica é especialmente útil em salas menores, Edge Data Centers, ambientes existentes e projetos onde a implantação de uma planta de água gelada não é economicamente justificável.

Por outro lado, a multiplicação de unidades aumenta a quantidade de compressores, condensadores, linhas frigoríficas, controles e pontos de manutenção. A capacidade disponível varia com a temperatura externa, o comprimento equivalente das tubulações, a diferença de nível e as condições de condensação. O desempenho nominal precisa ser corrigido para a instalação real.

Em sistemas redundantes, é necessário verificar se unidades teoricamente independentes compartilham quadro, barramento, controlador, comunicação, condensador, acesso de manutenção ou condição externa capaz de afetar simultaneamente a capacidade.

9. ÁGUA GELADA: CENTRAL TÉRMICA, CRAH E DISTRIBUIÇÃO

Plantas de água gelada separam a produção de frio das unidades de ambiente. Chillers, bombas, torres ou dry coolers, trocadores, válvulas e tubulações formam uma cadeia funcional que precisa ser analisada integralmente.

A capacidade nominal do chiller não garante a capacidade entregue ao rack. A temperatura de água, a diferença entre ida e retorno, a vazão, a eficiência das serpentinas, a disponibilidade das bombas e a distribuição de ar determinam o resultado. Baixo ΔT pode exigir vazões maiores, elevar o consumo de bombeamento e limitar a capacidade útil da central.

O projeto hidráulico deve permitir isolamento, manutenção e expansão. Arranjos em anel, válvulas seccionadoras, conexões preparadas e caminhos alternativos podem reduzir desligamentos, mas precisam ser compatibilizados com automação, balanceamento e detecção de vazamentos.

9.1. CHILLERS, REJEIÇÃO DE CALOR E CONDIÇÃO CLIMÁTICA

A seleção de chillers deve considerar condição de projeto externa, regime de água, carga parcial, redundância, qualidade de energia, partida em gerador e estratégia de economização. Unidades condensadas a ar simplificam o circuito hidráulico, mas sua capacidade e eficiência sofrem influência direta da temperatura externa. Sistemas com torre podem alcançar alta eficiência, porém adicionam consumo de água, tratamento, bombas, riscos sanitários e manutenção.

A avaliação não deve comparar apenas COP ou eficiência em um ponto nominal. É necessário modelar o perfil anual, as horas em cada faixa de carga, as condições climáticas e a estratégia de controle.

10. CONTENÇÃO, DISTRIBUIÇÃO DE AR E A IMPORTÂNCIA DO ΔT

O sistema de climatização precisa entregar vazão suficiente às entradas dos equipamentos e retirar o ar aquecido sem recirculação ou desvio. Quando o ar insuflado não atravessa os servidores e retorna diretamente à unidade, ocorre bypass. Quando o ar quente volta para a entrada dos racks, ocorre recirculação. Ambos reduzem a eficiência e podem criar pontos quentes.

A diferença de temperatura entre retorno e insuflação está relacionada à quantidade de calor transportada para uma determinada vazão. Mistura excessiva reduz o ΔT do sistema, exige maior vazão e pode fazer unidades aparentemente disponíveis perderem capacidade útil.

Arranjos de corredores quente e frio, contenção do corredor quente ou frio, piso elevado, dutos, plenum de retorno, painéis cegos e vedação de passagens participam diretamente da capacidade útil do sistema. A contenção não deve ser tratada como acessório de layout: sua seleção precisa considerar arquitetura de insuflação e retorno, pressão, densidade, combate a incêndio, portas, manutenção, falha de ventiladores e comportamento da sala quando uma unidade de climatização fica indisponível.

11. INROW, UNIDADES PERIMETRAIS E RESFRIAMENTO PRÓXIMO À CARGA

Unidades perimetrais atendem a sala a partir das bordas e dependem da distribuição pelo piso, teto ou ambiente. São consolidadas e facilitam acesso de manutenção, mas podem exigir grandes vazões e maior cuidado em salas extensas ou com densidade desigual.

Unidades InRow aproximam a remoção de calor dos racks e reduzem o percurso entre insuflação, servidores e retorno. Podem ser aplicadas em zonas de alta densidade,

expansões localizadas ou salas sem plenum adequado. Seu desempenho depende da integração com a contenção: quando o retorno quente e a insuflação fria permanecem separados, a unidade trabalha com ΔT mais representativo e menor mistura. A proximidade, entretanto, não elimina a necessidade de balanceamento, redundância, drenagem, detecção de vazamentos, manutenção e coordenação com o layout dos racks.

Trocadores traseiros de rack e outras soluções próximas à carga podem remover parte significativa do calor antes que ele alcance a sala. Nesses casos, o projeto deve separar a parcela de calor removida pelo circuito líquido da carga residual tratada pelo ar.

12. QUANDO O RESFRIAMENTO LÍQUIDO ENTRA NO PROJETO?

A ABNT NBR 17207 já incorpora classes de temperatura de água e configurações com CDU, resfriamento direto no componente e imersão. Isso reflete o aumento de densidade associado a HPC e cargas de inteligência artificial.

O resfriamento líquido não substitui automaticamente o sistema de ar. Muitos equipamentos continuam dissipando parte do calor para o ambiente, e componentes de rede, armazenamento e alimentação podem permanecer refrigerados a ar. O projeto tende a se tornar híbrido, com circuitos de água da instalação, CDU, circuito tecnológico e climatização residual da sala.

A temperatura do fluido precisa permanecer acima do ponto de orvalho quando houver risco de condensação. Qualidade do fluido, materiais, pressão, detecção de vazamento, manutenção, expansão e isolamento entre circuitos tornam-se requisitos centrais. Neste artigo, o tema é tratado apenas como interface; o dimensionamento detalhado de soluções líquidas exige estudo próprio.

13. REDUNDÂNCIA DA CLIMATIZAÇÃO: N, N+1 E 2N

Na climatização, N representa a capacidade necessária para atender a carga de projeto no cenário definido. N+1 adiciona capacidade ou equipamento suficiente para que a perda de uma unidade não reduza o sistema abaixo de N. Em 2N, dois sistemas possuem capacidade integral, desde que sejam realmente independentes.

A análise precisa ultrapassar a contagem de unidades. Em uma planta de água gelada, podem existir dependências em chillers, bombas primárias e secundárias, torres, trocadores, tubulações, válvulas, painéis, automação e energia. Em expansão direta, condensadores, quadros, linhas, controladores e acessos podem constituir pontos comuns.

A capacidade remanescente deve ser verificada na pior condição ambiental e no estado de carga aplicável. Uma unidade de reserva que não consegue partir no gerador, que depende do mesmo controlador da unidade falhada ou que não possui vazão disponível não representa redundância funcional.

13.1. MANUTENIBILIDADE SIMULTÂNEA

O objetivo da redundância não é apenas sobreviver a falhas, mas permitir manutenção. Filtros, ventiladores, compressores, bombas, válvulas, sensores e painéis precisam ser acessíveis e isoláveis sem interromper a capacidade requerida.

Essa condição deve ser demonstrada em matriz de estados. Para cada intervenção, o projeto precisa indicar quais equipamentos permanecem em serviço, qual capacidade fica disponível, quais alarmes são esperados e quais procedimentos devem ser executados.

14. FALHA ELÉTRICA E CONTINUIDADE TÉRMICA

Quando a concessionária falha, a carga de TI continua alimentada pela UPS, mas grandes sistemas de climatização normalmente aguardam a entrada dos geradores. Durante esse intervalo, a temperatura começa a subir. A velocidade depende da densidade, do volume de ar, da massa térmica, do confinamento e da parcela de resfriamento que permanece ativa.

O artigo [Grupo gerador para Data Center](#) explica por que chillers, bombas e ventiladores precisam ser considerados nos degraus de carga. A sequência de recomposição térmica deve ser coordenada com UPS, geração e automação.

Em plantas de água gelada, o volume existente nas tubulações ou tanques-pulmão pode fornecer inércia térmica. Isso não deve ser presumido: precisa ser calculado. Também devem ser verificadas a energia necessária para bombas e controles e a capacidade de reinício da central após interrupção.

15. AUTOMAÇÃO, BMS, EPMS E DCIM

A automação deve controlar capacidade, vazão, pressão, temperatura, umidade e sequência de equipamentos, mas também registrar o comportamento da instalação. Sensores sem contexto operacional produzem grande quantidade de alarmes e pouca informação útil.

O sistema deve permitir identificar unidades indisponíveis, capacidade remanescente, temperaturas de insuflação e retorno, condições de entrada dos racks, ponto de orvalho,

pressões, vazões, posições de válvulas, estado de bombas, consumo e falhas de comunicação.

A integração com BMS, EPMS e [DCIM](#) permite correlacionar carga elétrica, ocupação de racks, capacidade térmica e eventos. A arquitetura de integração será aprofundada em conteúdo específico; aqui, o princípio é que controle local, proteção e operação segura não podem depender exclusivamente de uma camada supervisória externa.

15.1. ALARMES DEVEM REPRESENTAR RISCO, NÃO APENAS DESVIO

Os limites precisam ser definidos por níveis. Um alerta pode indicar tendência de aproximação; um alarme pode exigir intervenção; um limite crítico pode iniciar ações automáticas ou procedimentos de emergência. Temporizações evitam alarmes espúrios, mas não podem ocultar eventos rápidos capazes de afetar a carga.

A lógica deve prever falha de sensor, perda de comunicação, congelamento de valor, diferença entre sensores e retorno seguro após intervenção manual.

16. QUALIDADE DO AR, FILTRAGEM E PRESSURIZAÇÃO

Contaminantes particulados e gasosos podem causar corrosão, perda de contato e falhas em placas e conectores. O risco depende da localização, das atividades industriais próximas, da entrada de ar externo e dos materiais presentes no ambiente.

A ABNT NBR 17207 orienta a avaliação de material particulado e contaminantes gasosos e relaciona a filtragem à ABNT NBR ISO 16890-1. A perda de pressão dos filtros precisa participar do dimensionamento dos ventiladores e da condição de filtro sujo.

A pressurização positiva ajuda a limitar a entrada de ar não tratado. Entretanto, o ar de reposição precisa ser filtrado e condicionado. Pressurizar sem controlar umidade e contaminantes pode transferir o problema para dentro da sala.

17. DETECÇÃO DE VAZAMENTO E GESTÃO DE ÁGUA

Água e infraestrutura elétrica crítica exigem segregação e detecção. Tubulações devem ser roteadas para reduzir exposição, e pontos inevitáveis precisam de bandejas, contenção, sensores e acesso para inspeção.

A detecção deve informar localização e gravidade, não apenas um alarme genérico. Em circuitos com água gelada ou CDU, a automação pode isolar trechos, interromper bombas ou acionar procedimentos conforme o risco, mas essas ações precisam considerar a

continuidade térmica.

O uso de água também entra na decisão de eficiência. Torres de resfriamento podem reduzir consumo elétrico em determinadas condições, mas aumentam WUE, tratamento e dependência hídrica. A escolha deve considerar energia, água, clima e risco operacional em conjunto.

18. EFICIÊNCIA ENERGÉTICA: CAPACIDADE ÚTIL ANTES DE EFICIÊNCIA NOMINAL

A eficiência começa pela correta distribuição do resfriamento. Antes de trocar equipamentos, é necessário reduzir recirculação, bypass, vazões excessivas, setpoints conflitantes e operação simultânea de umidificação e desumidificação.

Depois, o projeto deve avaliar eficiência de chillers, compressores, ventiladores, bombas e rejeição de calor em carga parcial. A ASHRAE 90.4 trata a energia mecânica como componente específico do desempenho do Data Center, enquanto a ISO/IEC 30134-7 define o CER para quantificar a eficiência do resfriamento.

PUE, CER e WUE medem aspectos diferentes. PUE relaciona energia total à energia de TI; CER foca a energia usada para remover calor; WUE quantifica a intensidade de uso de água. Esses indicadores não devem ser usados isoladamente nem transformar eficiência em justificativa para reduzir margem de disponibilidade.

18.1. FREE COOLING E ECONOMIZAÇÃO

Economização pode utilizar ar externo, troca indireta ou água em condições ambientais favoráveis. A viabilidade depende do clima, da qualidade do ar, da umidade, do ponto de orvalho, da disponibilidade de água e da classe dos equipamentos de TIC.

Uma solução eficiente em determinada cidade pode ser inadequada em outra. O estudo deve utilizar dados climáticos horários e considerar filtros, ventiladores, bombas, tratamento de água e transições entre modos.

19. CFD: QUANDO A SIMULAÇÃO É NECESSÁRIA?

A fluidodinâmica computacional permite representar racks, fontes de calor, ventiladores, grelhas, piso elevado, dutos, obstáculos, paredes e plenums. É especialmente útil em salas com alta densidade, distribuição irregular, modernizações ou dúvidas sobre modos de falha.

O modelo pode comparar arranjos, identificar recirculação, avaliar perda de uma unidade e verificar comportamento em carga parcial. Contudo, uma simulação só é confiável quando os dados de entrada representam a instalação real. Potências genéricas, vazões presumidas e geometrias simplificadas podem produzir imagens convincentes e conclusões incorretas.

A validação deve comparar o modelo com medições em campo ou resultados de testes. CFD complementa o projeto e o comissionamento; não substitui levantamento, balanceamento e instrumentação.

20. COMO ESPECIFICAR CRAC, CRAH E A PLANTA DE RESFRIAMENTO

A especificação deve registrar capacidade sensível nas condições reais de entrada e rejeição de calor, vazão, pressão disponível, eficiência em carga parcial, limites de operação, classe ambiental, alimentação elétrica, corrente de partida, protocolos, filtros, sensores, materiais e acessibilidade.

Para CRAC, devem ser definidos circuito frigorífico, refrigerante, comprimento e desnível admissíveis, condensação, modulação, capacidade corrigida e condição externa. Para CRAH, entram temperatura e vazão de água, perda de carga, válvulas, serpentinas, ΔT , pressão de trabalho e comportamento com variação de vazão.

A especificação da central deve incluir chillers, bombas, rejeição de calor, tratamento, expansão, isolamento, detecção de vazamentos, instrumentação e sequência de operação. Os critérios de redundância e manutenção precisam abranger os auxiliares, e não apenas os equipamentos principais.

21. COMISSIONAMENTO DA CLIMATIZAÇÃO DE DATA CENTER

A ABNT NBR 17207 estabelece critérios de projeto, mas declara que não define comissionamento, operação e manutenção. Por isso, o plano de aceite precisa ser desenvolvido a partir do OPR, da Basis of Design, das especificações, da ASHRAE Guideline 0 e da estratégia geral de comissionamento do empreendimento.

No FAT, devem ser verificadas capacidades, controles, alarmes, comunicação e documentação conforme o tipo de equipamento. No SAT, são avaliados instalação, alimentação, sentido de rotação, válvulas, drenagem, filtros, sensores, intertravamentos, vazões e resposta funcional.

O teste integrado deve demonstrar o sistema em operação normal, carga parcial, perda de unidade, manutenção, falha de energia, entrada de geradores, recuperação, perda de

comunicação e condição de alta temperatura. O artigo [Comissionamento de Data Center: testes, níveis e critérios de aceite](#) detalha a progressão entre inspeção, testes funcionais e IST.

21.1. O QUE MEDIR DURANTE O ACEITE

O aceite deve registrar temperatura e umidade nas entradas dos equipamentos de TIC, insuflação e retorno, vazão, pressão, potência elétrica, condição de válvulas e velocidade de ventiladores e bombas. Em sistemas de água, devem ser medidos temperatura de ida e retorno, ΔT , vazão e pressão diferencial.

Os resultados precisam ser comparados aos cenários de projeto. Uma unidade atingir capacidade em condição isolada não comprova que o sistema completo mantém os racks dentro dos limites quando ocorre uma falha ou transferência de energia.

22. OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO

A estratégia operacional deve transformar o projeto em procedimentos. SOPs descrevem operação normal; MOPs orientam intervenções planejadas; EOPs tratam falhas e condições de emergência. Esses documentos precisam indicar pré-condições, riscos, limites, comunicação, critérios de interrupção e retorno ao estado normal.

Filtros, serpentinas, drenos, ventiladores, bombas, válvulas, sensores, chillers e controles devem ser mantidos por condição e calendário. Tendências de temperatura, pressão, vazão, corrente e posição de controle permitem identificar degradação antes da perda de capacidade.

Peças críticas, ferramentas, contratos de suporte e acesso físico precisam ser planejados. Uma arquitetura manutenível no diagrama pode se tornar indisponível quando a retirada de um motor, compressor ou serpentina exige bloquear outro caminho.

23. ERROS COMUNS EM PROJETOS DE CLIMATIZAÇÃO DE DATA CENTER

23.1. DIMENSIONAR PELA POTÊNCIA DE PLACA DOS SERVIDORES

A placa indica limite de segurança da fonte, não necessariamente dissipação real. O projeto deve utilizar perfil de carga, medição, fabricante e crescimento previsto.

23.2. CONTROLAR APENAS A TEMPERATURA MÉDIA DA SALA

O risco está na entrada do equipamento de TIC. Médias escondem pontos quentes, gradientes e recirculação.

23.3. DECLARAR N+1 APENAS PELA QUANTIDADE DE UNIDADES

Bombas, tubulações, quadros, controladores e rejeição de calor podem eliminar a redundância aparente.

23.4. IGNORAR CARGA PARCIAL

A instalação opera grande parte do tempo abaixo do pico. Baixa modulação e controle inadequado elevam consumo e instabilidade.

23.5. USAR A FAIXA PERMITIDA COMO SETPOINT NORMAL

Funcionalidade dentro de uma faixa não significa mesma confiabilidade ou vida útil.

23.6. SEPARAR CLIMATIZAÇÃO DA ARQUITETURA ELÉTRICA

Sem coordenação com UPS e geradores, a planta pode perder resfriamento durante a transferência ou não conseguir recompor as cargas.

23.7. NÃO TESTAR MODOS DE FALHA

Operação nominal não comprova capacidade degradada, manutenibilidade nem recuperação após evento.

24. MATRIZ DE DECISÃO

Critério	Pergunta de engenharia
Carga térmica	Os dados representam consumo real, distribuição e expansão?
Classe ambiental	Os setpoints atendem aos equipamentos e à estratégia de risco?
Tecnologia	CRAC, CRAH ou solução híbrida é coerente com porte e operação?
Distribuição	O fluido chega aos ativos sem bypass ou recirculação?
Redundância	A capacidade N permanece disponível durante falha e manutenção?
Energia	Bombas, chillers e ventiladores reiniciam na sequência dos geradores?
Eficiência	O sistema mantém desempenho em carga parcial e ao longo do ano?
Água	Consumo, tratamento, vazamento e disponibilidade foram avaliados?
Controle	Alarmes representam risco e existem modos locais seguros?
Aceite	Os testes comprovam condições normais, degradadas e de emergência?

25. NORMAS E REFERÊNCIAS APLICÁVEIS

A referência central no Brasil é a ABNT NBR 17207:2025. Ela deve ser aplicada em conjunto com as normas de infraestrutura de Data Centers, qualidade do ar, filtragem, eficiência e os requisitos específicos dos fabricantes. A edição adotada precisa ser registrada na Basis of Design.

A ISO/IEC 22237-4 trata do controle ambiental segundo disponibilidade, segurança e eficiência. A ASHRAE TC 9.9 fornece classes térmicas e diretrizes para equipamentos de TIC, enquanto a ASHRAE 90.4 estabelece requisitos de eficiência para Data Centers. TIA-942-C, ISO/IEC 30134-7 e ISO/IEC 30134-9 complementam a análise de infraestrutura e indicadores.

26. RESUMO TÉCNICO

A climatização de Data Center deve ser projetada como infraestrutura crítica. O processo começa pelo risco do negócio, pela carga térmica real e pelos estados operacionais que precisam ser sustentados. Depois, são selecionados CRAC, CRAH, expansão direta, água gelada, distribuição de ar e arquitetura de redundância.

A temperatura média da sala não é o critério final. O projeto precisa controlar as condições na entrada dos equipamentos de TIC, evitar mistura de ar, manter capacidade em carga parcial, coordenar a recomposição com grupos geradores e permitir manutenção sem perda da carga crítica.

Eficiência, disponibilidade e segurança precisam ser verificadas em conjunto. PUE, CER e WUE ajudam a medir resultados, mas não substituem o balanço térmico, a análise de falhas, o comissionamento e os procedimentos operacionais.

A A3A Engenharia atua no estudo, projeto, especificação, compatibilização, Owner's Engineering, diagnóstico, modernização, comissionamento e aceite de sistemas de climatização e infraestrutura crítica para Data Centers.

[1] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. [ABNT NBR 17207:2025 – Sistemas de ventilação e climatização em ambientes de tecnologia da informação, de comunicação e de Data Center](#). Rio de Janeiro: ABNT, 2025.

[2] ISO; IEC. [ISO/IEC 22237-4:2021 – Information technology – Data centre facilities and infrastructures – Part 4: Environmental control](#).

[3] ASHRAE. Thermal Guidelines for Data Processing Environments. 5. ed. Atlanta: ASHRAE, 2021.

[4] ASHRAE. ANSI/ASHRAE Standard 90.4-2025 – Energy Standard for Data Centers. Atlanta: ASHRAE, 2025.

[5] ISO; IEC. ISO/IEC 30134-7:2023 – Data centres key performance indicators – Part 7: Cooling efficiency ratio.

[6] ISO; IEC. ISO/IEC 30134-9:2022 – Data centres key performance indicators – Part 9: Water usage effectiveness.

[7] TELECOMMUNICATIONS INDUSTRY ASSOCIATION. ANSI/TIA-942-C – Telecommunications Infrastructure Standard for Data Centers.

[8] ASHRAE. Guideline 0-2019 – The Commissioning Process. Atlanta: ASHRAE, 2019.

Qual é a temperatura recomendada para um Data Center? Para equipamentos de TIC das classes A1 a A4, a ABNT NBR 17207:2025 apresenta faixa recomendada de entrada entre 18 °C e 27 °C, associada a limites de umidade e ponto de orvalho. O valor de operação deve considerar a classe declarada pelo fabricante e ser verificado na entrada dos equipamentos, não apenas no retorno do condicionador. **Qual é a diferença entre CRAC e**

CRAH? O CRAC utiliza expansão direta e possui circuito frigorífico associado à unidade. O CRAH utiliza expansão indireta, normalmente com água gelada fornecida por uma central térmica. A escolha depende de porte, densidade, redundância, manutenção, clima e custo do ciclo de vida. **Quando usar climatização InRow em Data Centers?** Unidades InRow são indicadas quando é necessário aproximar a remoção de calor dos racks, atender zonas de maior densidade, ampliar a sala por etapas ou operar sem plenum adequado. O desempenho depende da integração com a contenção, do balanceamento de vazão, da redundância, da drenagem e da manutenção. **Como calcular a carga térmica de um Data Center?** O cálculo deve considerar a potência efetivamente dissipada pelos equipamentos de TIC, perdas elétricas internas, iluminação, pessoas, envoltória, infiltração, renovação de ar e expansão prevista. A potência máxima da placa dos servidores não deve ser adotada automaticamente como dissipação real. **O que significa climatização N+1?** Significa que, além da capacidade N necessária para atender a carga de projeto, existe capacidade adicional suficiente para manter N quando uma unidade está indisponível. Bombas, chillers, tubulações, quadros, controles e rejeição de calor também precisam ser avaliados. **Ar-condicionado comum pode ser usado em Data Center?** Equipamentos convencionais podem atender aplicações pequenas ou específicas somente quando capacidade sensível, operação contínua, controle, redundância, filtragem, faixa ambiental e manutenção forem compatíveis. A escolha não deve ser baseada apenas na potência nominal. **A faixa permitida pode ser usada como setpoint normal?** Não necessariamente. A faixa permitida representa condições de funcionalidade ensaiadas pelos fabricantes, enquanto a faixa recomendada busca preservar confiabilidade, eficiência e vida útil. Operação fora da faixa recomendada exige análise e critérios explícitos. **Por que o ponto de orvalho é importante?** O ponto de orvalho representa o teor de umidade do ar de forma mais consistente do que a umidade relativa, que varia com a temperatura. Ele ajuda a controlar risco de condensação, corrosão e condições excessivamente secas. **Quando usar CFD em Data Centers?** CFD é útil em salas com alta densidade, distribuição irregular, modernizações, contenção complexa ou necessidade de analisar modos de falha. O modelo deve usar dados reais e ser validado por medições ou testes. **O que deve ser testado no comissionamento da climatização?** Devem ser testados capacidade, vazão, temperaturas, umidade, ΔT , controles, alarmes, falha de unidade, perda de energia, entrada dos geradores, recuperação, perda de comunicação, detecção de vazamento e manutenção em condição degradada.

Sobre a A3A Engenharia de Sistemas

Com 30 anos de história, a A3A Engenharia de Sistemas se consolidou como referência em serviços de Engenharia, oferecendo soluções integradas de Telecomunicações, Segurança Eletrônica, Segurança Digital e Instalações Elétricas.

A empresa atua em todas as etapas do ciclo de Engenharia, desde a elaboração de projetos e consultoria técnica até a implantação, manutenção e retrofit de sistemas, sempre em conformidade com as normas técnicas e melhores práticas do setor.