

GRUPO GERADOR PARA DATA CENTER: DIMENSIONAMENTO, PARALELISMO E AUTONOMIA

Entenda como especificar grupos geradores para Data Centers: kW, kVA, regime, N+1, paralelismo, UPS, combustível, proteção, testes e comissionamento.

SUMÁRIO

1. QUAL É A FUNÇÃO DO GRUPO GERADOR NO DATA CENTER?	5
2. O QUE PRECISA SER DEFINIDO ANTES DO DIMENSIONAMENTO?	6
3. QUAL CARGA O GERADOR REALMENTE PRECISA ALIMENTAR?	6
3.1. CARGA CRÍTICA, CARGA ESSENCIAL E CARGA DISPENSÁVEL	7
4. KW, KVA E FATOR DE POTÊNCIA	7
4.1. O MOTOR E O ALTERNADOR PODEM IMPOR LIMITES DIFERENTES	8
5. REGIMES DE CLASSIFICAÇÃO DO GRUPO GERADOR	8
5.1. EMERGENCY STANDBY POWER	8
5.2. PRIME POWER	8
5.3. CONTINUOUS POWER	8
5.4. MISSION CRITICAL E CLASSIFICAÇÕES COMERCIAIS	9
6. COMO DIMENSIONAR UM GRUPO GERADOR PARA DATA CENTER	9
6.1. 1. CONSOLIDAR A LISTA DE CARGAS	9
6.2. 2. DEFINIR O CENÁRIO DE PIOR CASO	9
6.3. 3. CALCULAR A CARGA EM REGIME PERMANENTE	10
6.4. 4. MODELAR OS DEGRAUS DE CARGA	10
6.5. 5. VERIFICAR CARGAS DE MOTORES	10
6.6. 6. VERIFICAR A INTERFACE COM UPS	11
6.7. 7. APLICAR FATORES AMBIENTAIS	11
6.8. 8. VERIFICAR RESPOSTA TRANSITÓRIA	11
6.9. 9. VERIFICAR CARREGAMENTO MÍNIMO	11
6.10. 10. VALIDAR NO SOFTWARE DO FABRICANTE	12
7. EXEMPLO CONCEITUAL DE DIMENSIONAMENTO	12
8. UMA UNIDADE GRANDE OU VÁRIOS GRUPOS EM PARALELO?	12
8.1. GRUPO ÚNICO	13
8.2. VÁRIOS GRUPOS EM PARALELO	13
9. ARQUITETURAS DE GERAÇÃO PARA DATA CENTERS	13
9.1. N	13
9.2. N+1	13
9.3. 2N	13
9.4. BLOCOS DISTRIBUÍDOS	14
9.5. BARRAMENTO COMUM COM GERADOR DE RESERVA	14
10. COMO FUNCIONA O PARALELISMO DE GERADORES?	14
10.1. SINCRONISMO EM BARRAMENTO MORTO	14

10.2. SINCRONISMO EM BARRAMENTO VIVO	14
10.3. COMPARTILHAMENTO DE CARGA	15
10.4. PROTEÇÕES RELEVANTES	15
10.5. PARALELISMO COM A CONCESSIONÁRIA	15
11. TRANSFERÊNCIA ABERTA E TRANSFERÊNCIA FECHADA	15
11.1. TRANSIÇÃO ABERTA	15
11.2. TRANSIÇÃO FECHADA	15
11.3. TRANSFERÊNCIA POR BARRAMENTO COMUM	16
12. COMPATIBILIDADE ENTRE GRUPO GERADOR E UPS	16
13. AUTONOMIA DE COMBUSTÍVEL	16
13.1. CÁLCULO CONCEITUAL	17
13.2. TANQUE PRINCIPAL E TANQUE DIÁRIO	17
13.3. QUALIDADE DO COMBUSTÍVEL	17
13.4. REABASTECIMENTO DURANTE OPERAÇÃO	17
14. VENTILAÇÃO, ARREFECIMENTO E EXAUSTÃO	18
14.1. SISTEMA DE ESCAPAMENTO	18
14.2. RADIADOR REMOTO	18
15. RUÍDO E VIBRAÇÃO	18
16. TENSÃO DE GERAÇÃO E DISTRIBUIÇÃO	19
16.1. GERAÇÃO EM BAIXA TENSÃO	19
16.2. GERAÇÃO EM MÉDIA TENSÃO	19
17. CURTO-CIRCUITO E PROTEÇÃO	19
18. NEUTRO, ATERRAMENTO E FALTAS À TERRA	19
19. AUTOMAÇÃO E SISTEMA DE CONTROLE	20
20. BATERIAS DE PARTIDA E AUXILIARES	20
21. MANUTENÇÃO E MANUTENIBILIDADE	20
22. TESTES PERIÓDICOS	21
23. BANCO DE CARGA	21
23.1. BANCO RESISTIVO	21
23.2. BANCO REATIVO	21
23.3. BANCO COMBINADO	21
24. FAT, SAT E COMISSIONAMENTO	22
24.1. FAT	22
24.2. INSPEÇÃO DE RECEBIMENTO	22
24.3. SAT	22

24.4. TESTE INTEGRADO	22
25. CRITÉRIOS PARA ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA	23
26. ERROS COMUNS NO PROJETO DE GRUPOS GERADORES	23
26.1. SOMAR KW E APLICAR MARGEM FIXA	23
26.2. USAR POTÊNCIA STANDBY SEM VERIFICAR LIMITAÇÕES	23
26.3. IGNORAR A FASE INICIAL DO EMPREENDIMENTO	23
26.4. CONSIDERAR APENAS A CARGA DE TI	23
26.5. NÃO COORDENAR A RECARGA DAS UPS	23
26.6. TRATAR N+1 COMO SIMPLES QUANTIDADE	23
26.7. NÃO TESTAR COM FALHAS REAIS	24
26.8. SUBDIMENSIONAR VENTILAÇÃO E ESCAPAMENTO	24
26.9. IGNORAR A MENOR CORRENTE DE FALTA EM MODO GERADOR	24
26.10. PROJETAR COMBUSTÍVEL APENAS PELA CAPACIDADE DO TANQUE	24
27. MATRIZ DE DECISÃO	24
28. NORMAS E REFERÊNCIAS APLICÁVEIS	24
29. RESUMO TÉCNICO	24

Um grupo gerador para Data Center não deve ser selecionado apenas pela soma das potências instaladas nem pela equivalência direta entre a carga crítica e a potência nominal do equipamento. A planta de geração precisa assumir a instalação após a perda da fonte normal, aceitar degraus de carga, alimentar UPS e sistemas auxiliares, manter tensão e frequência dentro dos limites admissíveis e permanecer disponível durante todo o período de indisponibilidade da concessionária.

Em uma infraestrutura convencional, o gerador pode ser tratado como fonte de emergência utilizada por poucas horas. Em um Data Center, ele integra a arquitetura normal de disponibilidade. A UPS sustenta a carga durante a transição, mas é o sistema de geração que precisa suportar a operação prolongada. Por isso, potência em kVA, potência ativa em kW, regime de classificação, resposta transitória, redundância, combustível, paralelismo, manutenção e testes devem ser definidos como partes de um único sistema.

Este artigo apresenta um método de engenharia para especificar grupos geradores destinados a Data Centers. O objetivo não é indicar uma potência comercial por aproximação, mas explicar quais premissas precisam ser consolidadas, como o perfil de carga deve ser modelado e quais verificações transformam um equipamento nominalmente suficiente em uma planta efetivamente confiável.

1. QUAL É A FUNÇÃO DO GRUPO GERADOR NO DATA CENTER?

A rede da concessionária normalmente é a fonte preferencial de energia, mas não deve ser confundida com a única fonte capaz de sustentar o ambiente crítico. Quando a alimentação normal falha, a sequência típica envolve:

A sequência começa pela detecção da perda ou degradação da fonte normal. Nesse instante, a UPS assume a alimentação da carga crítica enquanto os grupos recebem o comando de partida, aceleram e estabilizam tensão e frequência. Quando a geração está dentro dos limites definidos, os disjuntores fecham ou as chaves automáticas transferem os barramentos, e as cargas são aplicadas de forma progressiva.

Durante a operação ilhada, a planta precisa sustentar simultaneamente TI, climatização e auxiliares. Quando a concessionária retorna e permanece estável pelo tempo configurado, ocorre a transferência controlada de volta, seguida do período de resfriamento dos motores e da recomposição da autonomia das baterias.

Essa sequência mostra por que o gerador não pode ser analisado isoladamente. O resultado depende das interfaces com UPS, baterias, ATS, quadros, sistemas de paralelismo, climatização, automação, combustível e proteção elétrica.

O artigo [UPS para Data Center: topologias, redundância e critérios de seleção](#) detalha a fonte ininterrupta. Já o artigo [Banco de baterias para UPS em Data Centers](#) trata da autonomia eletroquímica. Aqui, a propriedade editorial é a geração por motores, seus auxiliares e a distribuição associada.

2. O QUE PRECISA SER DEFINIDO ANTES DO DIMENSIONAMENTO?

O primeiro erro é iniciar a seleção pelo catálogo. Antes de comparar modelos, a engenharia deve consolidar as premissas no OPR, na URS e na Basis of Design. O artigo [Basis of Design, OPR e URS em projetos de Data Center](#) explica essa hierarquia documental.

As premissas começam pela potência crítica atual e futura e pela definição de quais cargas devem permanecer em operação, quais podem entrar depois e quais podem ser rejeitadas. A arquitetura — N, N+1, 2N ou distribuída por blocos — precisa ser relacionada à autonomia de combustível, ao tempo máximo para disponibilização da geração e ao regime de classificação admitido.

Também devem ser fixadas as condições ambientais do local, a tensão de geração, o esquema de aterramento, a compatibilidade com as UPS e a sequência de partida de chillers, bombas e ventiladores. Os limites transitórios de tensão e frequência, a estratégia de manutenção sem interrupção, os requisitos de ruído, emissões e abastecimento e a filosofia de testes completam a base de projeto.

Sem essas definições, o dimensionamento tende a reproduzir uma margem genérica. Isso pode resultar tanto em subdimensionamento quanto em superdimensionamento.

3. QUAL CARGA O GERADOR REALMENTE PRECISA ALIMENTAR?

A carga do Data Center não é formada apenas pelos racks de TI. Em emergência, a geração normalmente precisa sustentar as UPS e a carga crítica, mas também a climatização de precisão, os chillers, as bombas, as torres, a ventilação e a exaustão necessárias para impedir a perda térmica do ambiente.

Ao mesmo tempo, permanecem relevantes os sistemas de segurança eletrônica, detecção e combate a incêndio, BMS, EPMS, DCIM, telecomunicações, salas de operação e os próprios auxiliares da planta geradora, como bombas de combustível e carregadores. Dependendo do empreendimento, drenagem, bombeamento, iluminação, elevadores selecionados e reservas de expansão também entram no balanço.

A lista deve ser organizada por prioridade e por degrau de conexão. A potência total em regime permanente é apenas uma das variáveis. A ordem de entrada das cargas pode modificar decisivamente a potência requerida do grupo gerador.

3.1. CARGA CRÍTICA, CARGA ESSENCIAL E CARGA DISPENSÁVEL

Uma matriz de cargas deve classificar cada circuito conforme a consequência de sua indisponibilidade. As cargas críticas mantêm processamento e comunicação; as essenciais preservam segurança, climatização e condições operacionais. Outras podem ser postergadas até a estabilização da geração, rejeitadas quando a capacidade disponível estiver reduzida ou permanecer deliberadamente fora da alimentação de emergência.

Essa matriz deve ser compatibilizada com a [arquitetura elétrica N, N+1, 2N e distribuição A/B](#). Em sistemas A/B, a perda de um caminho pode transferir carga para o outro, alterando a condição de pior caso da planta geradora.

4. KW, KVA E FATOR DE POTÊNCIA

A potência ativa em kW representa a capacidade mecânica que o motor precisa entregar ao alternador. A potência aparente em kVA representa a capacidade elétrica do alternador para fornecer corrente na tensão especificada. A relação básica é:

$$\text{kW} = \text{kVA} \times \text{fator de potência}$$

Um conjunto classificado em 1.000 kVA com fator de potência nominal 0,8 possui potência ativa nominal de 800 kW. Entretanto, isso não significa que qualquer carga de 800 kW possa ser atendida adequadamente. O comportamento depende do fator de potência real, do conteúdo harmônico, dos degraus de carga e da resposta dinâmica exigida.

Em Data Centers modernos, UPS com correção ativa de fator de potência podem apresentar fator de potência de entrada próximo da unidade e menor distorção que equipamentos antigos. Ainda assim, a compatibilidade precisa ser verificada com os dados reais do modelo, em diferentes níveis de carga e durante recarga das baterias.

4.1. O MOTOR E O ALTERNADOR PODEM IMPOR LIMITES DIFERENTES

A seleção pode ser limitada pelo kW disponível no motor ou pelo kVA e pela corrente do alternador, mas também pela capacidade de aceitar degraus sem exceder as quedas admissíveis de tensão e frequência. O tempo de recuperação, a corrente disponível para atuação das proteções e a distorção produzida por cargas não lineares podem se tornar mais restritivos que a potência nominal.

Por isso, selecionar apenas pelo maior valor de kVA é insuficiente.

5. REGIMES DE CLASSIFICAÇÃO DO GRUPO GERADOR

A ISO 8528-1 estabelece classificações de aplicação e potência para grupos geradores. Na prática, os termos standby, prime e continuous aparecem frequentemente em catálogos, mas devem ser interpretados conforme a norma e as limitações declaradas pelo fabricante.

5.1. EMERGENCY STANDBY POWER

A classificação de emergência ou standby costuma ser destinada à alimentação durante interrupções da fonte normal, com limites de utilização definidos pelo fabricante e pela norma aplicável. É inadequado presumir que qualquer potência standby possa operar indefinidamente na carga nominal.

5.2. PRIME POWER

A classificação prime é utilizada quando o grupo gerador opera por períodos prolongados com carga variável. Pode admitir sobrecarga limitada, conforme a especificação do fabricante e o regime normativo adotado.

5.3. CONTINUOUS POWER

A classificação continuous é associada à operação contínua com carga relativamente constante dentro do limite definido. Ela normalmente apresenta potência declarada menor que a classificação standby do mesmo conjunto.

5.4. MISSION CRITICAL E CLASSIFICAÇÕES COMERCIAIS

Fabricantes podem adotar classificações adicionais, como *mission critical* ou *data center continuous*. Esses nomes só têm valor quando a proposta informa a potência efetivamente disponível, o perfil de carga permitido, os limites anuais e consecutivos de operação, a possibilidade de sobrecarga e as condições ambientais de referência. Os fatores de correção e a garantia precisam corresponder ao regime que ocorrerá na instalação, e não apenas ao nome comercial da classificação.

O Uptime Institute destaca que, para objetivos Tier III e Tier IV, a planta de geração deve ser capaz de suportar a demanda crítica sem limitações incompatíveis de tempo de operação. Isso não significa que todo Data Center precise utilizar uma classificação específica, mas significa que o regime declarado precisa ser coerente com a autonomia e com o objetivo de disponibilidade.

6. COMO DIMENSIONAR UM GRUPO GERADOR PARA DATA CENTER

O dimensionamento deve ser realizado por modelo de carga e verificação dinâmica, não por uma única soma. Um processo técnico pode seguir as etapas abaixo.

6.1. 1. CONSOLIDAR A LISTA DE CARGAS

Para cada carga, a memória de cálculo deve registrar identificação, potência ativa e aparente, tensão, fases, fator de potência, rendimento e corrente nominal. Motores precisam incluir corrente e método de partida; cargas eletrônicas, sua distorção harmônica. A mesma ficha deve informar prioridade, degrau de conexão, participação nos estados normal, de contingência e de manutenção e a expansão prevista.

6.2. 2. DEFINIR O CENÁRIO DE PIOR CASO

O pior caso nem sempre coincide com a soma de todas as cargas instaladas. Ele pode surgir quando um caminho A ou B recebe carga transferida, um gerador está indisponível para manutenção e as baterias entram em recarga enquanto a climatização é recomposta. Temperatura externa elevada, implantação por fases e perda de barramento ou transformador também podem criar estados mais severos que a operação normal.

Cada cenário deve ser calculado separadamente.

6.3. 3. CALCULAR A CARGA EM REGIME PERMANENTE

A carga permanente considera simultaneidade, diversidade e reservas justificadas. Margens de expansão devem ser explícitas, não ocultas em fatores arbitrários.

Uma estrutura possível é:

Demanda de projeto = carga crítica + auxiliares + perdas + recarga + expansão

As perdas podem incluir transformadores, UPS, cabos e equipamentos de distribuição. A recarga das baterias deve ser coordenada, porque pode elevar a demanda logo após o retorno da geração.

6.4. 4. MODELAR OS DEGRAUS DE CARGA

O grupo gerador não recebe necessariamente toda a carga de uma vez. A sequência pode separar:

1. serviços auxiliares da geração; 2. UPS e cargas críticas; 3. climatização mínima; 4. bombas e chillers; 5. cargas prediais essenciais; 6. recarga de baterias; 7. cargas de menor prioridade.

O intervalo entre degraus precisa considerar estabilização de tensão, frequência e pressão dos sistemas mecânicos. Uma sequência excessivamente conservadora pode prolongar a recuperação térmica do Data Center; uma sequência agressiva pode provocar afundamento de tensão, queda de frequência ou desligamento do grupo.

6.5. 5. VERIFICAR CARGAS DE MOTORES

Motores de chillers, bombas, ventiladores e compressores podem apresentar corrente de partida elevada. O impacto varia conforme se adota partida direta, estrela-triângulo, *soft starter*, inversor de frequência ou autotransformador, porque cada solução altera a corrente, o torque e a duração do transitório visto pelo gerador.

Mesmo com inversores, devem ser verificados corrente de entrada, rampa, harmônicas e comportamento durante transferência. O dimensionamento deve avaliar o maior motor e a combinação de partidas simultâneas possíveis.

6.6. 6. VERIFICAR A INTERFACE COM UPS

A UPS é uma carga eletrônica para o gerador. Sua avaliação deve considerar a potência de entrada em diferentes carregamentos, o fator de potência, a THDi e o limite de corrente, mas também a rampa utilizada na transferência para a geração e a janela admissível de tensão e frequência. O controle de recarga, a resposta diante de fontes com impedância elevada, o comportamento do bypass e o compartilhamento entre módulos paralelos completam a interface.

UPS mais antigas, retificadores de poucos pulsos ou filtros mal especificados podem exigir alternador maior para limitar aquecimento e distorção de tensão. Em UPS modernas, a necessidade de sobredimensionamento pode ser menor, mas não deve ser presumida sem dados do fabricante.

6.7. 7. APLICAR FATORES AMBIENTAIS

Temperatura, altitude, umidade e condições de instalação podem reduzir a potência disponível, e a correção deve seguir as curvas do fabricante. A análise precisa incorporar restrições de ventilação, contrapressão do escapamento, temperatura do combustível e qualidade do ar de admissão. Em contêineres ou salas fechadas, a proximidade entre unidades e a recirculação de ar quente podem tornar o ambiente real mais severo que a condição usada no catálogo.

6.8. 8. VERIFICAR RESPOSTA TRANSITÓRIA

A ISO 8528-5 trata de critérios de projeto e desempenho do conjunto. O projeto deve definir quanto de queda ou elevação de tensão e frequência é aceitável, em quanto tempo a planta precisa se recuperar e como deve se comportar após inserção ou rejeição de carga. A capacidade de receber degraus e o desempenho em paralelo precisam ser expressos por limites mensuráveis, não por descrições genéricas de “boa estabilidade”.

Esses limites devem ser compatíveis com as UPS, os motores e as proteções. O grupo pode suportar a potência em regime permanente e ainda assim falhar no primeiro degrau.

6.9. 9. VERIFICAR CARREGAMENTO MÍNIMO

Grupos diesel operando continuamente com carga muito baixa podem apresentar combustão incompleta, depósitos e fenômenos associados a wet stacking. A faixa mínima recomendada deve seguir o fabricante.

Quando a planta é construída para expansão futura, a fase inicial pode operar com carregamento baixo por um período prolongado. Esse risco pode ser reduzido com unidades menores em paralelo, divisão por blocos, expansão escalonada ou uso planejado de banco de carga. A escolha precisa considerar tanto a condição inicial quanto o estado final da instalação, evitando criar uma solução eficiente apenas no futuro.

6.10. 10. VALIDAR NO SOFTWARE DO FABRICANTE

Ferramentas de dimensionamento de fabricantes podem modelar cargas, motores, degraus e limites transitórios. Elas são úteis, mas não substituem a engenharia. A entrada precisa representar o sistema real, e o relatório deve integrar a memória de cálculo do projeto.

7. EXEMPLO CONCEITUAL DE DIMENSIONAMENTO

Considere um Data Center que, durante a falha da rede, precise sustentar 600 kW de carga de TI, 45 kW de perdas e consumo das UPS, 250 kW de climatização crítica, 90 kW de bombas, ventilação e auxiliares e 35 kW de segurança e operação. Se a estratégia ainda reservar 60 kW para recarga controlada das baterias e 120 kW para expansão, a demanda ativa de referência alcança 1.200 kW.

A demanda ativa de referência seria:

$$600 + 45 + 250 + 90 + 35 + 60 + 120 = 1.200 \text{ kW}$$

Esse valor não define sozinho a potência do gerador. A seleção ainda depende do fator de potência e do kVA das cargas, do maior degrau de conexão, da partida da climatização e do limite de recarga das UPS. Também entram o *derating* por altitude e temperatura, o regime de classificação, a capacidade com um gerador indisponível, o carregamento mínimo na fase inicial e o desempenho de tensão e frequência.

Em uma arquitetura N+1, quatro grupos de 500 kW não equivalem automaticamente a 1.500 kW úteis com uma unidade indisponível. A capacidade real pode ser limitada pelo barramento, pela classificação do motor, pelo alternador, pelo degrau de carga, pelos auxiliares ou pelas condições ambientais.

O exemplo é conceitual e não deve ser utilizado como dimensionamento executivo.

8. UMA UNIDADE GRANDE OU VÁRIOS GRUPOS EM PARALELO?

A escolha afeta disponibilidade, expansão, manutenção, custo, curto-circuito e operação.

8.1. GRUPO ÚNICO

Uma única unidade reduz a complexidade de paralelismo e pode simplificar a distribuição. Em contrapartida, cria um ponto único de falha e dificulta manutenção sem indisponibilidade.

8.2. VÁRIOS GRUPOS EM PARALELO

Múltiplas unidades facilitam a configuração N+1, permitem retirar um conjunto para manutenção e favorecem expansão modular e melhor carregamento nas fases iniciais. Também possibilitam compartilhar potência e recompor capacidade após a falha de uma unidade.

Esse ganho, contudo, vem acompanhado de maior complexidade de controle, mais disjuntores e auxiliares, elevação da corrente de curto-circuito e necessidade de sincronismo. O esforço de testes cresce e o próprio sistema de paralelismo pode se tornar um ponto comum de falha se não houver arquitetura e procedimentos adequados.

9. ARQUITETURAS DE GERAÇÃO PARA DATA CENTERS

9.1. N

A capacidade instalada atende exatamente à demanda de projeto. A indisponibilidade de uma unidade ou elemento comum reduz a capacidade abaixo do necessário.

9.2. N+1

Existe uma unidade ou capacidade adicional além da demanda N. A arquitetura precisa ser verificada no cenário de maior carga com um conjunto indisponível. Elementos comuns, como barramento, controle ou tanque, também precisam ser analisados.

9.3. 2N

Dois sistemas independentes possuem capacidade para atender a carga requerida. Em ambientes com alimentação A/B, cada planta pode alimentar um caminho. A independência física e funcional deve incluir controles, combustível, distribuição e auxiliares conforme o objetivo de tolerância a falhas.

9.4. BLOCOS DISTRIBUÍDOS

Cada bloco de capacidade do Data Center possui geração associada. Essa estratégia facilita implantação por fases e limita o porte dos barramentos, mas exige coordenação entre blocos e planejamento de reservas.

9.5. BARRAMENTO COMUM COM GERADOR DE RESERVA

Várias unidades operam em um barramento e uma unidade adicional fornece reserva. É eficiente em capacidade, porém o barramento e o sistema de paralelismo tornam-se elementos críticos.

A arquitetura deve ser escolhida com base no objetivo de disponibilidade, não pela simples contagem de grupos. O artigo [Tier I, II, III e IV em Data Centers](#) explica por que redundância de equipamentos não é equivalente a manutenibilidade concorrente ou tolerância a falhas.

10. COMO FUNCIONA O PARALELISMO DE GERADORES?

O paralelismo conecta dois ou mais alternadores ao mesmo barramento. Antes do fechamento do disjuntor, a sequência de fases precisa coincidir e as diferenças de tensão, frequência e ângulo de fase devem permanecer dentro das janelas definidas pelo projeto e pelo controlador.

Após o fechamento, os controles precisam dividir potência ativa e reativa. O governador do motor influencia o compartilhamento de kW; o sistema de excitação e o regulador de tensão influenciam o compartilhamento de kVAr.

10.1. SINCRONISMO EM BARRAMENTO MORTO

Quando o barramento está desenergizado, uma unidade pode ser autorizada a fechá-lo como primeiro grupo. As demais sincronizam com o barramento já energizado.

10.2. SINCRONISMO EM BARRAMENTO VIVO

A unidade entrante ajusta tensão, frequência e fase para fechar contra o barramento em operação.

10.3. COMPARTILHAMENTO DE CARGA

O controle deve evitar que uma unidade assuma carga excessiva enquanto outra opera subcarregada. Diferenças de calibração, resposta mecânica ou excitação podem causar circulação de potência reativa e instabilidade.

10.4. PROTEÇÕES RELEVANTES

Em sistemas paralelos, a proteção normalmente combina sobrecorrente, limites de tensão e frequência, potência reversa, perda de excitação e sequência negativa. Conforme o porte e a arquitetura, também podem ser necessários diferencial, falha de disjuntor, verificação de sincronismo, proteção de terra e supervisão de barramento. A composição e os ajustes dependem do estudo elétrico; não devem ser copiados de uma aplicação genérica.

Os ajustes dependem do esquema elétrico e não devem ser copiados genericamente.

10.5. PARALELISMO COM A CONCESSIONÁRIA

A operação em paralelo com a rede, mesmo por curto período para transferência fechada, pode exigir aprovação da concessionária, relés específicos, estudos e adequação regulatória. A função não deve ser habilitada apenas porque o controlador do grupo a suporta.

11. TRANSFERÊNCIA ABERTA E TRANSFERÊNCIA FECHADA

11.1. TRANSIÇÃO ABERTA

A fonte anterior é desconectada antes da conexão da nova fonte. Evita paralelismo entre concessionária e geração, mas produz uma interrupção no barramento transferido. A UPS mantém a carga crítica durante o intervalo.

11.2. TRANSIÇÃO FECHADA

A nova fonte é conectada antes da abertura da anterior, criando paralelismo momentâneo. Pode reduzir a perturbação na transferência, mas aumenta os requisitos de sincronismo, proteção e aprovação da concessionária.

11.3. TRANSFERÊNCIA POR BARRAMENTO COMUM

Em plantas com vários grupos, a lógica de paralelismo energiza um barramento de geração e as cargas são transferidas por ATS ou disjuntores motorizados. O projeto precisa impedir comandos conflitantes e condições de fechamento indevido.

12. COMPATIBILIDADE ENTRE GRUPO GERADOR E UPS

A UPS deve reconhecer a fonte gerada como aceitável. Os problemas mais comuns surgem quando a janela de frequência é incompatível com as oscilações transitórias do grupo, quando a distorção de tensão aumenta ou quando os controles do gerador e do retificador interagem de forma instável. Nesses casos, a UPS pode alternar repetidamente entre inversor e bateria, o bypass pode perder sincronismo e a recarga pode impor demanda excessiva logo após a partida.

A coordenação pode envolver rampa de entrada, limitação temporária da recarga e sequência de conexão dos módulos, além de ajustes do regulador de tensão e da janela de frequência dentro dos limites dos equipamentos. Dependendo da aplicação, alternador de menor reatância, filtros ou retificadores mais compatíveis também podem ser necessários. A solução precisa ser demonstrada em teste integrado com carga real ou representativa.

O objetivo não é forçar a UPS a aceitar uma fonte instável, mas compatibilizar ambos os sistemas com critérios definidos.

13. AUTONOMIA DE COMBUSTÍVEL

A autonomia do grupo gerador não resulta apenas da capacidade nominal do tanque dividida pelo consumo de catálogo. O consumo varia com o carregamento, e parte do volume permanece indisponível por geometria, tubulações e limites de operação. Também precisam ser consideradas a reserva operacional, a dilatação, o combustível destinado aos testes e a configuração entre tanque principal e tanque diário.

A autonomia real ainda depende da qualidade e da renovação do combustível e da capacidade de reabastecimento. Tempo de mobilização do fornecedor, acesso ao local durante eventos críticos e uma eventual indisponibilidade simultânea da rede e da cadeia logística devem ser confrontados com o tempo de continuidade requerido pelo negócio.

13.1. CÁLCULO CONCEITUAL

Uma aproximação inicial é:

Volume útil requerido = consumo horário de projeto × autonomia requerida

Se a planta consumir 300 litros por hora no cenário adotado e a autonomia requerida for 24 horas, o volume útil mínimo seria 7.200 litros. O tanque nominal precisará ser maior para acomodar volume não utilizável, margem operacional, testes e limitações de enchimento.

Esse cálculo deve ser feito por cenário de carga e com curvas do fabricante.

13.2. TANQUE PRINCIPAL E TANQUE DIÁRIO

Instalações de maior porte podem utilizar tanque principal e tanques diários próximos aos geradores. Nessa configuração, bombas de transferência, válvulas, retorno e controle de nível passam a integrar a disponibilidade da planta. Redundância, detecção de vazamento, contenção, ventilação e intertravamentos precisam ser coordenados com a alimentação elétrica dos auxiliares e com a possibilidade de manutenção sem perda da função.

A autonomia declarada perde valor se uma bomba única impedir a transferência de combustível.

13.3. QUALIDADE DO COMBUSTÍVEL

Água, sedimentos, crescimento microbológico e envelhecimento podem comprometer partida e injeção. O plano operacional deve prever amostragem, drenagem, filtragem, polimento quando aplicável e renovação do estoque.

13.4. REABASTECIMENTO DURANTE OPERAÇÃO

O projeto deve verificar se o sistema permite abastecimento seguro durante funcionamento, qual é o acesso do caminhão, quais são as contingências logísticas e como evitar contaminação ou transbordamento.

14. VENTILAÇÃO, ARREFECIMENTO E EXAUSTÃO

O motor transforma grande parte da energia do combustível em calor. A sala ou o contêiner precisa remover simultaneamente a parcela irradiada pelo motor e pelo alternador, a rejeição térmica dos radiadores, o calor dos escapamentos e as perdas dos painéis e auxiliares.

A ventilação deve considerar vazão, perda de carga, recirculação e temperatura máxima de entrada. Venezianas subdimensionadas, dutos longos ou atenuadores acústicos podem elevar a resistência do sistema e reduzir a potência disponível.

14.1. SISTEMA DE ESCAPAMENTO

O sistema de escapamento deve respeitar a contrapressão admissível, o diâmetro e o comprimento calculados e os efeitos da expansão térmica. A suportação precisa ser independente do motor, com isolamento e drenagem de condensado adequados. A posi  o da descarga deve impedir o retorno dos gases para tomadas de ar e reduzir a exposi  o de pessoas e equipamentos.

A contrapressão acima do limite do fabricante pode reduzir desempenho e elevar temperatura.

14.2. RADIADOR REMOTO

Radiadores remotos podem resolver limita  es de espaço e ruído, mas introduzem bombas, tubula  es, ventiladores e controles adicionais. Esses elementos devem receber alimenta  o de emergência e ser incluídos na análise de falhas.

15. RUÍDO E VIBRA  O

Grupos geradores produzem ruído de admissão, combustão, escapamento, ventila  o e componentes mecânicos. O tratamento pode combinar carenagens, silenciadores, venezianas e barreiras acústicas com bases inerciais, isoladores de vibra  o, juntas flexíveis e afastamentos adequados. Essas medidas precisam ser concebidas em conjunto, porque o controle de ruído pode aumentar a perda de carga da ventila  o ou a contrapressão do escapamento.

A soluço acústica altera a ventila  o e a contrapressão. Portanto, não deve ser tratada depois que o equipamento já foi selecionado.

Vibração também afeta estruturas, tubulações, conexões elétricas e equipamentos próximos. A implantação em cobertura ou pavimentos elevados exige análise estrutural e dinâmica específica.

16. TENSÃO DE GERAÇÃO E DISTRIBUIÇÃO

A tensão pode ser baixa ou média, dependendo da potência, distância, corrente, expansão e arquitetura.

16.1. GERAÇÃO EM BAIXA TENSÃO

Pode simplificar interfaces para plantas menores, mas correntes elevadas aumentam:

16.2. GERAÇÃO EM MÉDIA TENSÃO

Pode ser adequada para grandes blocos de potência e longas distâncias. Exige cubículos, proteção, transformadores e procedimentos compatíveis com média tensão.

A decisão deve considerar o sistema completo, não apenas o preço do alternador.

17. CURTO-CIRCUITO E PROTEÇÃO

A corrente de curto-circuito de um gerador é diferente da fornecida pela concessionária. Ela varia no tempo e depende das reatâncias subtransitória, transitória e síncrona do alternador, além dos controles de excitação.

O estudo deve avaliar:

Uma proteção ajustada apenas para a rede pode não atuar adequadamente com a menor corrente de falta do gerador. Por outro lado, vários geradores em paralelo podem elevar significativamente o curto-circuito no barramento.

18. NEUTRO, ATERRAMENTO E FALTAS À TERRA

A definição do neutro depende da tensão, do esquema de aterramento, da transferência e da filosofia de proteção. Questões relevantes incluem:

A condição da geração pode transformar o sistema em fonte separadamente derivada, conforme a arquitetura adotada. A análise deve ser documentada em diagramas unifilares e estudos de proteção.

19. AUTOMAÇÃO E SISTEMA DE CONTROLE

A planta de geração deve comunicar ao BMS, EPMS ou DCIM se está disponível, em partida ou em operação, junto com tensão, corrente, potência, frequência, fator de potência e energia. Temperaturas, pressões, nível e consumo de combustível, posição dos disjuntores e capacidade disponível no barramento ajudam a interpretar o estado do sistema, enquanto falha de partida, parada de emergência, alarmes do controlador e condição das baterias, bombas e ventiladores indicam indisponibilidades que exigem ação.

O modo manual ou automático também precisa ser supervisionado, pois uma planta tecnicamente saudável pode permanecer incapaz de responder se estiver na configuração operacional errada.

A comunicação não substitui contatos críticos de proteção e comando. Devem ser definidos protocolos, perda de comunicação, sincronismo de tempo, registro de eventos e cibersegurança.

20. BATERIAS DE PARTIDA E AUXILIARES

Além do banco da UPS, cada grupo possui sistema de partida, normalmente com baterias próprias. A falha dessas baterias é uma causa simples e crítica de indisponibilidade.

O sistema de partida deve adotar redundância quando requerida e carregadores alimentados por fonte confiável, com supervisão de tensão e de falha. A disponibilidade depende ainda de testes periódicos, temperatura adequada e substituição planejada das baterias. Cabos e conexões precisam suportar a corrente de partida, e a partida manual deve existir apenas dentro de um procedimento controlado.

A disponibilidade da planta não pode depender de um carregador único sem supervisão.

21. MANUTENÇÃO E MANUTENIBILIDADE

A arquitetura precisa permitir inspeção, testes e intervenções sem transformar a manutenção em risco para a carga. Isso envolve acesso a filtros e componentes, espaço para retirar radiadores e alternadores e recursos de içamento, além de meios para isolar combustível, disjuntores e controles. A planta deve manter capacidade suficiente quando uma unidade estiver indisponível.

A manutenibilidade também depende do estoque de peças críticas, do suporte do fabricante, dos prazos de reposição e da gestão de firmware e parâmetros. Um projeto

fisicamente acessível, mas sem sobressalentes ou documentação atualizada, continua exposto a tempos de recuperação incompatíveis com a criticidade.

A manutenção baseada apenas em horas de funcionamento pode ser insuficiente, porque grupos de emergência permanecem longos períodos parados. Tempo de calendário, condição do combustível, baterias, mangueiras e corrosão também importam.

22. TESTES PERIÓDICOS

A partida sem carga confirma apenas uma parte do sistema. Um programa consistente combina inspeção visual, avaliação das baterias de partida e partida automática com operação efetiva sob carga. Transferências entre fontes, paralelismo, rejeição de carga e atuação das proteções precisam ser exercitados periodicamente, e não apenas no comissionamento inicial.

A condição do combustível, a termografia e os ensaios com banco de carga complementam o diagnóstico. Em intervalos definidos pelo risco, a rotina deve incluir falhas simuladas e teste integrado com UPS e climatização, pois é nesse encadeamento que surgem incompatibilidades de controle e sequência.

A frequência e o método devem seguir o fabricante, as normas aplicáveis, o objetivo de disponibilidade e a estratégia operacional.

23. BANCO DE CARGA

O banco de carga permite aplicar potência controlada para verificar motor, alternador, arrefecimento, combustível e controles. Pode ser resistivo, reativo ou combinado.

23.1. BANCO RESISTIVO

Aplica principalmente kW e é útil para verificar capacidade do motor e sistema térmico.

23.2. BANCO REATIVO

Adiciona kVAr e permite testar fator de potência, corrente e comportamento do alternador.

23.3. BANCO COMBINADO

Reproduz melhor a relação entre kW e kVA da instalação.

O banco de carga não reproduz automaticamente as características de uma UPS, motores ou cargas eletrônicas. Por isso, o teste integrado continua necessário.

24. FAT, SAT E COMISSIONAMENTO

A ISO 8528-6:2023 estabelece métodos de ensaio para caracterização do conjunto gerador. O plano de comissionamento do Data Center deve adaptar os ensaios ao sistema adquirido.

24.1. FAT

No FAT, a documentação e as placas devem ser confrontadas com a potência, o regime e a configuração contratados. Partida, parada, tensão, frequência, consumo e resposta a degraus precisam ser medidos, enquanto alarmes, proteções, comunicação e paralelismo são verificados conforme o escopo possível em fábrica. O ensaio com banco de carga deve gerar registros e certificados que possam ser comparados aos resultados obtidos posteriormente no local.

24.2. INSPEÇÃO DE RECEBIMENTO

Deve verificar danos, preservação, acessórios, documentação, baterias, fluidos, painéis, componentes soltos e rastreabilidade.

24.3. SAT

No SAT, a instalação mecânica e elétrica é verificada em conjunto com aterramento, combustível, ventilação e exaustão. A lógica de partida, as ATS, os disjuntores e o paralelismo precisam funcionar nos modos manual e automático, com alarmes remotos e intertravamentos coerentes. A aceitação deve incluir falhas simuladas para comprovar que a planta responde de acordo com a sequência aprovada.

24.4. TESTE INTEGRADO

O teste integrado precisa percorrer a sequência real:

1. perda da fonte normal; 2. sustentação pelas UPS; 3. partida dos grupos; 4. formação do barramento; 5. transferência das cargas; 6. inserção progressiva da climatização; 7. operação em condição N e contingência; 8. falha simulada de um grupo; 9. rejeição e recomposição de carga; 10. retorno da concessionária; 11. transferência de volta; 12. resfriamento e recarga das baterias.

O artigo [Comissionamento de Data Center: testes, níveis e critérios de aceite](#) detalha o encadeamento entre inspeções, testes funcionais e IST.

25. CRITÉRIOS PARA ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA

Uma especificação de grupo gerador para Data Center deve registrar, no mínimo:

A RFP precisa exigir memória de dimensionamento e curva de desempenho, não apenas preço e potência de placa. O artigo [RFP para Data Center: o que é, como elaborar e quais requisitos incluir](#) apresenta a estrutura de contratação.

26. ERROS COMUNS NO PROJETO DE GRUPOS GERADORES

26.1. SOMAR KW E APLICAR MARGEM FIXA

A margem não substitui modelagem de kVA, motores, degraus, recarga, derating e resposta transitória.

26.2. USAR POTÊNCIA STANDBY SEM VERIFICAR LIMITAÇÕES

A classificação pode possuir limites anuais, consecutivos ou de perfil de carga incompatíveis com o objetivo do Data Center.

26.3. IGNORAR A FASE INICIAL DO EMPREENDIMENTO

Uma planta dimensionada para expansão pode operar muito abaixo da carga recomendada durante anos.

26.4. CONSIDERAR APENAS A CARGA DE TI

Climatização, bombas, ventilação, segurança e auxiliares podem representar parcela significativa da geração.

26.5. NÃO COORDENAR A RECARGA DAS UPS

Após uma descarga, o carregador pode aumentar a demanda justamente quando outros sistemas estão sendo recompostos.

26.6. TRATAR N+1 COMO SIMPLES QUANTIDADE

Um barramento, tanque, controlador ou sistema de ventilação comum pode eliminar a redundância aparente.

26.7. NÃO TESTAR COM FALHAS REAIS

Partidas mensais sem carga não demonstram transferência, paralelismo, capacidade térmica nem integração.

26.8. SUBDIMENSIONAR VENTILAÇÃO E ESCAPAMENTO

O grupo pode apresentar potência adequada no catálogo e perder capacidade na instalação real.

26.9. IGNORAR A MENOR CORRENTE DE FALTA EM MODO GERADOR

As proteções podem deixar de atuar seletivamente quando a concessionária está ausente.

26.10. PROJETAR COMBUSTÍVEL APENAS PELA CAPACIDADE DO TANQUE

Volume útil, consumo variável, testes, logística e qualidade precisam ser considerados.

27. MATRIZ DE DECISÃO

A seleção deve equilibrar disponibilidade, capacidade e ciclo de vida.

Critério	Pergunta de projeto
Potência	O conjunto atende kW, kVA e degraus?
Regime	A classificação permite o tempo de operação exigido?
Redundância	A perda de uma unidade mantém a demanda N?
Paralelismo	O controle compartilha carga e elimina pontos únicos?
UPS	Tensão, frequência e harmônicas são compatíveis?
Climatização	Motores e sequências cabem no desempenho transitório?
Combustível	O volume útil e a logística atendem a autonomia?
Implantação	Ventilação, exaustão, ruído e estrutura são adequados?
Proteção	Curto-circuito e seletividade funcionam em todos os modos?
Operação	É possível testar e manter sem interromper a carga?
Expansão	A planta opera bem na fase inicial e na capacidade futura?
Aceite	FAT, SAT, banco de carga e IST comprovam o desempenho?

28. NORMAS E REFERÊNCIAS APLICÁVEIS

29. RESUMO TÉCNICO

O grupo gerador para Data Center deve ser tratado como uma planta de energia, não como equipamento isolado. O dimensionamento começa pela demanda de negócio, pela arquitetura de disponibilidade e pelos cenários de falha. Depois, a engenharia verifica kW, kVA, motores, UPS, degraus de carga, regime, derating e desempenho transitório.

A configuração N+1 ou 2N só produz disponibilidade quando barramentos, controles, combustível, ventilação, proteção e auxiliares também permitem manutenção e falhas sem perda da carga crítica. Da mesma forma, autonomia de combustível só é real quando volume útil, consumo, qualidade e reabastecimento foram projetados.

Por fim, o desempenho precisa ser demonstrado. FAT, SAT, banco de carga e testes integrados devem confirmar partida, transferência, paralelismo, estabilidade, rejeição de carga, falha de unidade, retorno da rede e recarga das baterias.

A A3A Engenharia atua no projeto, especificação, análise de arquitetura, Owner's Engineering, comissionamento e aceite de sistemas de energia crítica para Data Centers.

[1] INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO 8528-1:2018 – Reciprocating internal combustion engine driven alternating current generating sets – Part 1: Application, ratings and performance. Disponível em: <https://www.iso.org/standard/68539.html>.

[2] INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO 8528-3:2020 – Alternating current generators for generating sets. Disponível em: <https://www.iso.org/standard/77444.html>.

[3] INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO 8528-5:2025 – Generating sets. Disponível em: <https://www.iso.org/standard/85960.html>.

[4] INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO 8528-6:2023 – Test methods. Disponível em: <https://www.iso.org/standard/71010.html>.

[5] INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO 8528-12:2022 – Emergency power supply to safety services. Disponível em: <https://www.iso.org/standard/84054.html>.

[6] INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO 8528-13:2026 – Safety. Disponível em: <https://www.iso.org/standard/85962.html>.

[7] ISO; IEC. ISO/IEC 22237-3:2021 – Information technology – Data centre facilities and infrastructures – Part 3: Power distribution. Disponível em: <https://www.iso.org/standard/78551.html>.

[8] UPTIME INSTITUTE. Accredited Tier Designer Technical Paper Series: Engine-Generator Ratings. Disponível em: <https://uptimeinstitute.com/publications/asset/accredited-tier-designer-technical-paper-series-engine-generator-ratings>.

[9] CATERPILLAR. Paralleling Generator Systems – Part Three: Installation Considerations. Disponível em: https://www.cat.com/en_US/by-industry/electric-power/Articles/ep-news/ep-news-paralleling-generator-systems-part-three-installation-considerations.html.

[10] CUMMINS. Understanding Transient Performance of Generating Sets. Disponível em: <https://www.cummins.com/en-ame/news/2019/05/15/understanding-transient-performance-generating-sets>. [11] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR ISO/IEC 22237-1:2023 – Tecnologia da informação – Instalações e infraestruturas de Data Center – Parte 1: Conceitos gerais. Rio de Janeiro: ABNT, 2023. [12] UPTIME INSTITUTE. Data Center Site Infrastructure Tier Standard: Operational Sustainability. New York: Uptime Institute, 2014. [13] CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO PARANÁ. Orientação Técnica nº 007/2025 – Painéis fotovoltaicos e grupos geradores de energia. Paraná: CBMPR, 2025.

Como dimensionar um grupo gerador para Data Center? O dimensionamento deve considerar carga ativa e aparente, fator de potência, motores, UPS, degraus de carga, recarga das baterias, expansão, derating ambiental, regime de classificação e resposta transitória. A soma dos kW é apenas uma etapa. **Qual é a diferença entre kW e kVA no gerador?** kW representa a potência ativa limitada principalmente pelo motor. kVA representa a potência aparente e a corrente suportada pelo alternador. O gerador precisa atender simultaneamente aos dois limites. **O que significa gerador N+1?** Significa que a planta possui capacidade adicional além da necessária para atender a demanda N. A condição deve ser verificada com uma unidade indisponível e considerando barramentos, controles, combustível e auxiliares comuns. **Gerador standby pode ser usado em Data Center?** Pode, desde que a classificação, os limites de tempo, o perfil de carga e a garantia sejam compatíveis com a autonomia e com o objetivo de disponibilidade. O nome comercial não substitui a análise das condições declaradas. **Por que a UPS influencia o dimensionamento do gerador?** A UPS apresenta potência de entrada, fator de potência, harmônicas, rampa de conexão e corrente de recarga. Esses fatores afetam kVA, distorção de tensão e resposta transitória do gerador. **Como calcular a autonomia de combustível?** A estimativa inicial multiplica o consumo horário de projeto pela autonomia requerida. Depois devem ser adicionados volume não utilizável, reservas, testes, limitações de enchimento e contingências logísticas. **É melhor um gerador grande ou vários em paralelo?** Depende da disponibilidade, expansão, curto-circuito e manutenção. Vários grupos facilitam N+1 e implantação modular, mas aumentam a complexidade de

controles, barramentos e testes. **O que deve ser testado no comissionamento?** Devem ser testados partida, estabilização, ATS, paralelismo, degraus, proteções, alarmes, operação com carga, falha de unidade, rejeição de carga, retorno da rede e integração com UPS e climatização. **Banco de carga substitui o teste integrado?** Não. O banco de carga verifica capacidade controlada do grupo, mas não reproduz necessariamente UPS, motores, automação, transferências e comportamento real da instalação. **Por que um gerador superdimensionado pode ser um problema?** Além de elevar CAPEX, um grupo diesel pode operar por longos períodos com carga muito baixa, prejudicando eficiência e condição do motor. A modularidade e o plano de expansão devem evitar esse cenário.

Fundamentos da arquitetura elétrica crítica

Projeto, requisitos e contratação

Operação, modernização e aceite

Soluções e serviços de engenharia

Normas e fontes técnicas externas

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.