



PROJETO FINAL DE GRADUAÇÃO

**AVALIAÇÃO DE DATA CENTER QUANTO AOS
EFEITOS DAS DESCARGAS ATMOSFÉRICAS E
CHOQUES ELÉTRICOS E SUA CLASSIFICAÇÃO
CONFORME TIER I - IV**

Júnia Pereira Nunes

Brasília, junho de 2022

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA – UnB

FACULDADE DE TECNOLOGIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA

Júnia Pereira Nunes

**AVALIAÇÃO DE DATA CENTER QUANTO AOS
EFEITOS DAS DESCARGAS ATMOSFÉRICAS E
CHOQUES ELÉTRICOS E SUA CLASSIFICAÇÃO
CONFORME TIER I – IV**

Projeto Final de Graduação submetido ao Departamento de Engenharia Elétrica da
Universidade de Brasília como requisito parcial para obtenção do título de Engenheira de
Comunicações.

Banca Examinadora

Professor Alcides Leandro da Silva, Dr., FT/UnB

Orientador

Professor Flávio Elias Gomes de Deus, Dr., FT/UnB

Examinador interno

Professor João Paulo Leite, Dr., FT/UnB

Examinador interno

FICHA CATALOGRÁFICA

Nunes, Júnia Pereira.

AVALIAÇÃO DE DATA CENTER QUANTO AOS EFEITOS DAS DESCARGAS ATMOSFÉRICAS E CHOQUES ELÉTRICOS E SUA CLASSIFICAÇÃO CONFORME TIER I - IV. [Distrito Federal] 2022.

74 p. (ENE/FT/UnB, Graduação, Engenharia Redes de Comunicação, 2022).

Projeto Final de Graduação - Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia.
Departamento de Engenharia Elétrica.

1. descargas atmosféricas

2. choques elétricos

3. Data Center

4. aterramento

I. ENE/FT/UnB

II. PROJETO FINAL

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

Nunes, J. P. Avaliação de Data Center quanto aos efeitos das Descargas Atmosféricas e Choques Elétricos e sua classificação conforme Tier I - IV.

Projeto Final de Graduação, Publicação, Departamento de Engenharia de Elétrica, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 74 páginas.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Júnia Pereira Nunes.

TÍTULO DO PROJETO FINAL DE GRADUAÇÃO: Avaliação de Data Center quanto aos efeitos das Descargas Atmosféricas e Choques Elétricos e sua classificação conforme Tier I - IV.

GRAU/ANO: Graduação em Engenharia Redes de Comunicação/2022.

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta monografia do Projeto Final de Graduação emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desta monografia do Projeto Final de Graduação pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.

Júnia Pereira Nunes

Endereço: Brasília - DF

E-mail: junia.nunes@outlook.com.br

Dedico este trabalho a minha família, o pilar da minha existência.
A todas as pessoas que fizeram parte da minha caminhada até aqui.

Agradecimentos

A UnB pela excelência de ensino.

Ao meu Professor e Orientador Alcides Leandro da Silva, pelo acompanhamento neste trabalho.

Aos grandes amigos conquistados durante o decorrer do curso, pela paciência, pelas longas conversas, e ideias que me ajudaram a tornar-me uma pessoa melhor. Guardarei essas lembranças pelo resto da vida, por mais longe que estivermos.

E, em especial, à minha família pelo apoio e carinho recebido durante nossa vida e pela confiança que sempre depositou em nós. Amo todos vocês.

RESUMO

Com o advento da tecnologia da informação (TI), as plataformas digitais emergiram como fator de competitividade entre as empresas. O acesso às informações e tráfego de informações contínuo e ininterrupto, proporcionada pela internet, tornou a infraestrutura de TI o alicerce do modelo operacional das organizações baseada na informação. O Data Center é o componente central dessa infraestrutura onde os dados da organização são consolidados, processados e armazenados.

Seguindo essas tendências, este trabalho analisou Data Centers em suas estruturas gerais e características específicas no tocante às instalações elétricas. Ficou evidente que Data Centers são grandes consumidores de energia elétrica com tendência de incremento, mesmo considerando a constante evolução dos dispositivos e equipamentos, a melhoria dos materiais empregados na infraestrutura física e a crescente popularização da virtualização e da computação em nuvem.

Também ficou notório que as vantagens e os benefícios oriundos da economia no consumo de energia elétrica estão diretamente relacionados com a redução dos investimentos em projetos elétricos, na diminuição nos gastos operacionais e na mitigação dos danos ambientais.

Categorização de Data Centers foram também analisadas, tendo-se em referência as normas ANSI/TIA 942, ANSI/TIA 607 entre outras. Partindo desses estudos, a classificação de um Data Center foi efetuada, como um estudo de caso, com dados obtidos por visita, com destaque para Tier I: Data Center básico; Tier II: Data Center com componentes redundantes; Tier III: Data Center com manutenção e operação simultânea e Tier IV: Data Center tolerante a falhas. A partir daí, sugestões foram elencadas visando melhorias e adequações do Data Center sob estudo análise.

Palavras Chave: descargas atmosféricas; Data Center; aterramento; choque elétricos.

ABSTRACT

With the advent of information technology (IT), digital platforms have emerged as a factor of competitiveness among companies. The access to information and continuous and uninterrupted information traffic, provided by the internet, has made the IT infrastructure the foundation of the operational model of organizations based on information. The Data Center is the central component of this infrastructure where the organization's data is consolidated, processed and stored.

Following these trends, this work analyzed Data Centers in their general structures and specific characteristics regarding electrical installations. It was evident that Data Centers are large consumers of electricity with a tendency to increase, even considering the constant evolution of devices and equipment, the improvement of materials used in the physical infrastructure and the increasing popularization of virtualization and cloud computing.

It was also noted that the advantages and benefits arising from savings in electricity consumption are directly related to the reduction of investments in electrical projects, the reduction in operating expenses and the mitigation of environmental damage.

Categorization of Data Centers were also analyzed, taking into account the ANSI/TIA 942, ANSI/TIA 607 standards, among others. Based on these studies, the classification of a Data Center was carried out, as a case study, with data obtained by visitation, with emphasis on Tier I: Basic Data Center; Tier II: Data Center with redundant components; Tier III: Data Center with simultaneous maintenance and operation and Tier IV: Fault-tolerant Data Center. From there, suggestions were listed aiming at improvements and adaptations of the Data Center under study analysis.

Keywords: atmospheric discharges; Data Center; grounding; electric shocks.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Serviços de Data Center. Fonte: [2].	4
Figura 2 - Topologia padrão e distribuídas de Data Center. Fonte: [3].	4
Figura 3 - Topologia básica de um Data Center. Fonte: [3].	5
Figura 4 - Dependência entre os Sistemas e Serviços em um Data Center. Fonte: [2].	6
Figura 5 - Data Center Tier I - Data Center Básico. Fonte: [4].	10
Figura 6 - Data Center Tier II - Data Center com Componentes Redundantes. Fonte: [4].	11
Figura 7 - Data Center Tier III - Data Center com Manutenção e Operação Simultâneas. Fonte: [4].	12
Figura 8 - Data Center Tier IV - Infraestrutura Tolerante a Falhas. Fonte: [4].	13
Figura 9 - Configuração Paralela de UPS Redundante. Fonte: [4].	20
Figura 10 - Configuração de bloco redundante. Fonte: [4].	21
Figura 11 - Configuração Redundante Distribuída. Fonte: [4].	22
Figura 12 - Configuração 2N. Fonte: [4].	23
Figura 13 - Sistema elétrico básico de um Data Center. Fonte: [2].	25
Figura 14 - Distribuição elétrica do Data Center. Fonte: [2].	27
Figura 15 - Fluxo Sistema PDA. Fonte: [7].	35
Figura 16 – Efeito fisiológico do Choque Elétrico no corpo Humano. Fonte: [11].	36
Figura 17 - Equipotencialização Principal. Fonte: [10].	43
Figura 18 - Instalação do sistema de aterramento de proteção das edificações. Fonte: [10].	44
Figura 19 - Posicionamento preferencial do BEP e dos demais barramentos de equipotencialização. Fonte: [10].	44
Figura 20 - Componentes do sistema de aterramento de telecomunicações. Fonte: [3].	51
Figura 21 - Telecommunications Bonding Backbone Interconnecting Bonding Conductor.	54
Figura 22 - Barramento de aterramento principal da telecomunicação (TMGB).	54
Figura 23 - Barramento de aterramento de telecomunicações.	56

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Especificações de temperatura e umidade relativa.....	14
Tabela 2 - Topologias elétricas de Data Center	19
Tabela 3 - Módulos vs Carga. Fonte: [2]	24
Tabela 4 – Efeitos Fisiológicos causados pelo choque elétrico. Fonte: [11].....	37

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANSI – American National Standards Institute.
ASHRAE - American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers.
CPD - Centro de Processamento de Dados.
CRAC - Computer Room Air Conditioning.
DC - Data Center.
DCIE, Data Center Infrastructure Efficiency.
DRUPS - Diesel Rotary Uninterruptible Power Supply.
DCIE - Data Center Infrastructure Efficiency.
ER - Entrance Room.
EDA - Equipment Distribution Area.
EDIVAC - Electronic Discrete Variable Automatic Computer.
HDA - Horizontal Distribution Area.
HVAC - Heat, Ventilation and Air Conditioning.
ITIC - The Information Technology Industry Council.
IDC - Internet Data Center.
ISCSI - Internet Small Computer System Interface.
LAN - Local Area Network.
KVM - Kernel-based Virtual Machine.
MAC - Media Access Control.
MDA - Main Distribution Area.
MTBF - Mean Time Between Failures.
MTTR - Mean Time to Repair.
PDU - Power Distribution Unit.
PUE, Power Usage Effectiveness.
SAN - Storage Area Network.
SPDA - Sistemas de Proteção contra Descargas Atmosféricas.
SPOF - Single Point of Failure.
TIC - Tecnologia da Informação e Comunicação.
TI - Tecnologia da Informação.
TIA - Technology Innovation Agency.
UPS - Uninterruptible Power Supply.
ZDA - Zone Distribution Area.
TBB – Telecommunications Bonding Backbone
TBBIBC – Telecommunications Bonding Backbone Interconnecting Bonding Conductor
TMGB – Telecommunications Main Grounding Busbar
TGB - Telecommunications Grounding Busbar

Sumário

RESUMO.....	vi
ABSTRACT.....	vii
LISTA DE FIGURAS.....	viii
LISTA DE TABELAS.....	ix
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS.....	x
Sumário.....	xi
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	1
1.2 OBJETIVO.....	2
1.3 ESTRUTURAÇÃO DO TRABALHO.....	2
2. DATA CENTER: CONCEITOS E CARACTERÍSTICAS.....	3
2.1 DATA CENTER.....	3
2.2 DISPONIBILIDADE.....	6
2.3 CONFIABILIDADE.....	7
2.4 REDUNDÂNCIA.....	7
2.5 CATEGORIA DE DATA CENTER.....	8
2.6 NORMAS E CLASSIFICAÇÕES DE DATA CENTERS.....	8
2.7 CLASSIFICAÇÃO TIER - THE UPTIME INSTITUTE.....	9
2.8 DATA CENTER TIER I - DATA CENTER BÁSICO.....	10
2.9 DATA CENTER TIER II - DATA CENTER COM COMPONENTES REDUNDANTES.....	11
2.10 DATA CENTER TIER III - DATA CENTER COM MANUTENÇÃO E OPERAÇÃO SIMULTÂNEAS.....	12
2.11 DATA CENTER TIER IV - INFRAESTRUTURA TOLERANTE A FALHAS.....	13
2.12 CLIMATIZAÇÃO DO DATA CENTER.....	14
3. CARACTERÍSTICAS ELÉTRICAS DO DATA CENTER.....	17
3.1 CÁLCULO DE EQUILÍBRIO DE CARGA.....	17
3.2 NÍVEL DE INATIVIDADE.....	17
3.3 CLASSIFICAÇÕES DOS SISTEMAS ELÉTRICOS.....	18
3.4 TOPOLOGIAS.....	19
3.4.1 <i>Configuração Paralela de UPS Redundante</i>	19
3.4.2 <i>Configuração de bloco redundante</i>	20
3.4.3 <i>Configuração Redundante Distribuída</i>	21
3.4.4 <i>Configuração 2N</i>	22
3.4.5 <i>Topologia da unidade UPS rotativa a diesel N + 1</i>	23
3.4.6 <i>Redundância de bloco N + 1 usando redundância de TI</i>	23
3.5 CAPACIDADE E EFICIÊNCIA DO SISTEMA ELÉTRICO.....	24
3.6 DISTRIBUIÇÃO ELÉTRICA DO DATA CENTER.....	24
3.7 ALIMENTADORES.....	26
3.8 TRANSFORMADORES.....	26
3.9 CHAVES DE TRANSFERÊNCIA.....	26
3.10 GERADORES (GRUPOS GERADORES).....	26
3.11 QUADRO ELÉTRICOS E PDU (POWER DISTRIBUTION UNIT).....	27
3.12 UPS (UNINTERRUPTABLE POWER SUPPLY) E BATERIAS.....	27
3.12.1 <i>ups OFF-LINE (UPS STANDBY)</i>	28
3.12.2 <i>ups On-LINE de conversão dupla ou ups estático</i>	28
3.12.3 <i>ups rotativo (flywheel)</i>	28
3.12.4 <i>UPS rotativo híbrido</i>	29
3.12.5 <i>ups paralelo redundante</i>	29

3.12.6	<i>Backup do fornecimento de rede em caso de interrupções curtas</i>	29
3.12.7	<i>Backup do fornecimento da rede em caso de longas interrupções</i>	30
4.	DESCARGAS ATMOSFERICAS E CHOQUE ELÉTRICO	31
4.1	DESCARGAS ATMOSFERICAS	31
4.2	SISTEMAS DE PROTEÇÃO CONTRA EFEITOS DA DESCARGAS ATMOSFERICAS	33
4.3	CHOQUES ELÉTRICOS	35
4.4	PROTEÇÃO ELÉTRICA DE DATA CENTER	37
4.4.1	SPDA	39
4.4.2	DISPOSITIVOS DE PROTEÇÃO CONTRA SURTOS	42
4.4.3	EQUIPOTENCIALIZAÇÃO	43
4.4.4	ATERRAMENTO	45
4.5	COMPATIBILIDADE ELETROMAGNÉTICA	47
4.6	ELETRICIDADE ESTÁTICA EM DATA CENTER	48
4.7	PROTEÇÃO EFETIVA DE DATA CENTER	50
4.7.1	INSTALAÇÃO DE ENTRADA DE TELECOMUNICAÇÕES	52
4.7.2	BONDING CONDUCTOR FOR TELECOMMUNICATIONS	52
4.7.3	TBB – TELECOMMUNICATIONS BONDING BACKBONE	52
4.7.4	TBBIBC - TELECOMMUNICATIONS BONDING BACKBONE INTERCONNECTING BONDING CONDUCTOR	53
4.7.5	TMGB – TELECOMMUNICATIONS MAIN GROUNDING BUSBAR	54
4.7.6	TGB - TELECOMMUNICATIONS GROUNDING BUSBAR	55
5.	ANÁLISE DE UM DATA CENTER NO DISTRITO FEDERAL	57
5.1	ESTRUTURA DO AMBIENTE	57
5.2	ANÁLISE DOS DADOS	58
5.2.1	<i>SISTEMA ELÉTRICO</i>	58
5.2.2	<i>SISTEMA DE INFRAESTRUTURA DO DATA CENTER</i>	61
5.2.3	<i>SISTEMA DE SEGURANÇA E PROTEÇÃO CONTRA INCÊNDIO</i>	63
5.2.4	<i>SISTEMA DE CLIMATIZAÇÃO</i>	65
6.	MELHORIAS APLICÁVEIS AO DATA CENTER ESTUDADO	66
6.1	SISTEMA ELÉTRICO	66
6.2	SISTEMA DE INFRAESTRUTURA DE DATA CENTER	67
6.3	ESTUDADO SISTEMA DE CLIMATIZAÇÃO	68
6.4	SISTEMA DE CONTROLE DE ACESSO E MONITORAMENTO	69
6.5	SISTEMA DE PROTEÇÃO CONTRA INCÊNDIO	70
7.	CONCLUSÕES	71
7.1	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	71
8.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICA	73

1. INTRODUÇÃO

1.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS

É notável que o custo médio de *downtime* (tempo de parada) de um servidor de Data Center para cada um minuto de disponibilidade, de acordo com um estudo realizado nos Estados Unidos pelo *Ponemon Institute*, gera um prejuízo médio de aproximadamente US\$ 7,9 milhões. Portanto, trata-se de um ambiente crítico cujo projeto e operação devem seguir diretrizes e soluções técnicas integradas.

Nesta linha, sabe-se que para projetar, construir e manter um Data Center são necessários conhecimento técnico, planejamento estratégico, tecnologias complexas e as melhores práticas disponíveis em eficiência operacional, principalmente na recuperação de desastres e continuidade de negócios. Os projetistas não devem considerar apenas o planejamento estratégico, a hospedagem e as justificativas econômicas, mas também desenvolver uma solução que englobe as tecnologias emergentes, disponibilidade, escalabilidade, sustentabilidade, agilidade e resiliência, resume [1].

Fator chave, o sistema de distribuição elétrica é o sistema mais crítico em um Data Center é ele o responsável por garantir a operação segura e a confiabilidade dos serviços hospedados. Com um inventário dos equipamentos da infraestrutura elétrica do Data Center, é possível descobrir lacunas na manutenção dos equipamentos e identificar componentes e conexões defeituosas antes que ocorra interrupção dos serviços evitando assim avarias aos equipamentos e perda de produtividade por conta da falha operacional.

A análise da infraestrutura elétrica de um Data Center pode ser realizada com base no "*follow the power*", pela qual se rastreia e hierarquiza o fluxo de energia em um Data Center desde a subestação externa da concessionária passando pela distribuição na edificação para os *racks* individuais e, em seguida, para os *servers blades*, memórias e placas de computação e, finalmente, para as cargas de tecnologia da informação (TI) de baixo nível.

Neste trabalho é dada ênfase aos sistemas de aterramento funcional e de segurança nos níveis de edificação e de *racks*, com destaque para a dissipação de descargas atmosféricas, proteção contra choques elétricos e interferências eletromagnéticas.

Esse estudo é relevante, pois ao projetar um Data Center, deve-se pensar em suas necessidades comerciais específicas, além de listar as prioridades e as funcionalidades necessárias para determinar a melhor topografia para Data Center, o que permitirá não só sua expansão, como facilitará a migração da tecnologia atual, alcançando assim um crescimento dinâmico com maior flexibilidade ao mesmo

tempo que reduz os custos relacionados com a infraestrutura física, que incluir energia, espaço e custos de resfriamento.

1.2 OBJETIVO

No presente trabalho, é realizado um estudo sobre os sistemas de proteção contra descargas atmosféricas e choques elétricos abordando-se as principais recomendações para o caso específico de um Data Center.

Para tanto realiza-se uma extensa revisão bibliográfica sobre o tema, englobando as principais normas sobre Data Centers ANSI/TIA 942, ANSI/TIA 607, ANSI/BICSI 002, ABNT NBR 14565 e sobre proteção e aterramento ABNT NBR 5410, ABNT NBR 5419, IEEE 1100 bem como as principais publicações da literatura. Este levantamento bibliográfico serve para ilustrar um Estudo de Caso sobre o Data Center de um órgão de segurança pública do Distrito Federal.

Neste estudo de caso, busca-se identificar as maiores fontes de consumo de energia do Data Center; analisar a infraestrutura instalada, nos níveis de edificação, backup e rack, e comparar com as boas práticas de instalações; e com fundamento em informações coletadas sugerir ajustes, novas técnicas e tecnologias, com capacidade de proteger o Data Center de descargas atmosféricas e interferência eletromagnética.

1.3 ESTRUTURAÇÃO DO TRABALHO

Em prosseguimento ao capítulo introdutório, com a abordagem do tema, o trabalho traz, no segundo capítulo, os conceitos e características de Data Center com suas tipologias e normas técnicas conforme TIA 942. No terceiro capítulo, é abordado as características elétricas do Data Center tanto as configurações das topologias como os componentes do sistema de distribuição elétrica de acordo com o nível de redundância e disponibilidade do Data Center. No quarto capítulo, é abordado a importância da equipotencialização e do sistema de proteção contra descargas elétricas para evitar choques elétricos, surtos transitórios e eletricidade estática no Data Center visando a segurança dos elementos estruturais e das pessoas. No quinto capítulo será feito uma análise de um Data Center em funcionamento no Distrito Federal. E por fim, no sexto capítulo, será proposto melhorias visando a classificação Tier e normas vigentes.

2. DATA CENTER: CONCEITOS E CARACTERÍSTICAS

Nesta seção serão abordadas as características dos equipamentos, os conceitos técnicos e as principais fontes consumidoras de energia em um Data Center, bem como as recomendações e boas práticas das principais normas associadas.

2.1 DATA CENTER

O Data Center é elemento central da Infraestrutura de TI de qualquer organização, e toda organização ou possui um Data Center ou utiliza os serviços de um ou mais Data Centers. Conceitualmente um Data Center pode ser considerado um conjunto integrado de componentes de alta tecnologia projetado para abrigar os equipamentos de redes responsáveis pelo processamento e armazenamento de informações cruciais para a continuidade dos negócios das organizações cujo principal objetivo é manter computadores e equipamentos com total disponibilidade e segurança [2].

Em resumo o Data Center é uma grande estrutura complexa que abriga todos os sistemas e informações da empresa que ficam normalmente armazenados em servidores e *storages* que permitem fornecer serviços de infraestrutura de TI de valor agregado, processamento e armazenamento de dados, em larga escala, para qualquer tipo de organização.

Segundo Oliveira, Data Centers são ambientes de missão crítica que são projetados para permanecerem em funcionamento ininterruptamente, pois são essenciais para o atual modelo de negócio da sociedade moderna.

Comumente pensa-se o Data Center no nível dos serviços que o compõem como processamento, armazenamento, conectividade, segurança, gerenciamento, virtualização, alta disponibilidade e recuperação a desastres, automação e gerenciamento.

Estes serviços dependem dos componentes do Data Center cujo objetivo central é obter resiliência, que em TI nada mais é que atender a demanda de negócios de maneira efetiva, reduzir o custo total de propriedade (TCO) e tornar o negócio flexível.

Assim os critérios a serem considerados em um projeto de Data Center para atingir estes objetivos são: desempenho, disponibilidade, escalabilidade, segurança e gerenciabilidade. Critérios estes que definem a qualidade dos serviços a serem providos para as aplicações e que atendem as demandas das aplicações que, por sua vez, atendem às demandas dos processos de negócio.

Na Figura 1 tem-se alguns exemplos dos principais serviços oferecidos por um Data Center.

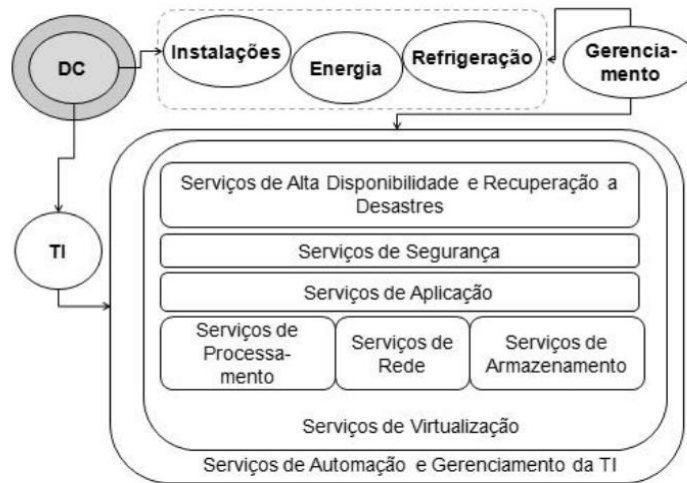


Figura 1 - Serviços de Data Center. Fonte: [2].

Ao projetar um Data Center seu espaço deve ser grande o suficiente para prever facilmente a expansão dos serviços. Por este motivo, é recomendável que em um Data Center haja espaços livres que futuramente possam ser ocupados por racks, gabinetes ou servidores. A norma especifica que o espaço deve ser dividido em áreas funcionais, conforme Figura 2, que irão facilitar a localização dos equipamentos de acordo com a hierarquia da topologia em estrela seguida de cabeamento estruturado.

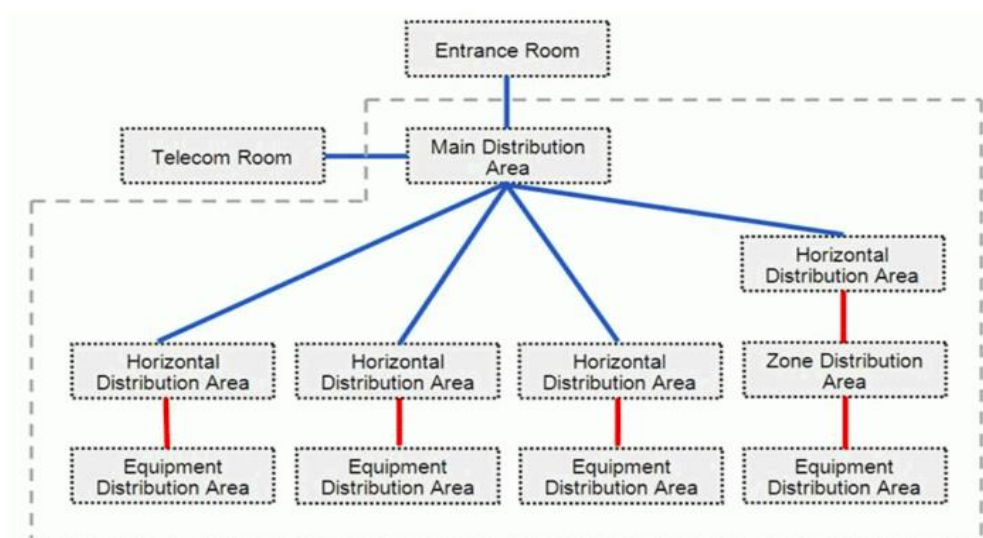


Figura 2 - Topologia padrão e distribuídas de Data Center. Fonte: [3].

Esta configuração permite que quando for agregar ou remanejar um equipamento o projetista saiba exatamente onde os equipamentos serão instalados, o que diminui o tempo no estudo do novo local ou na reorganização dos equipamentos existentes.

As principais áreas do Data Center com topologia básica, segundo o TIA 942 apresentado na Figura 3, são:

- **Entrance Room (ER):** Sala de Entrada. Espaço de interconexão entre o cabeamento estruturado do Data Center e o cabeamento vindo das operadoras de telecomunicações.
- **Main Distribution Area (MDA):** Área onde se encontra a conexão central do Data Center e de onde se distribui o cabeamento estruturado. Inclui roteadores e o *backbone*.
- **Horizontal Distribution Area (HDA):** Área utilizada para conexão com área de equipamentos. Inclui o *cross connect* horizontal e equipamentos intermediários. Incluem switches LAN/SAN/KVM.
- **Zone Distribution Area (ZDA):** Ponto de interconexão opcional do cabeamento horizontal. Provê flexibilidade para o Data Center. Fica entre o HDA e o EDA.
- **Equipment Distribution Area (EDA):** Área para equipamentos terminais (servidores, *storage*, unidades de fita) e equipamentos de rede. Inclui Racks e gabinete.

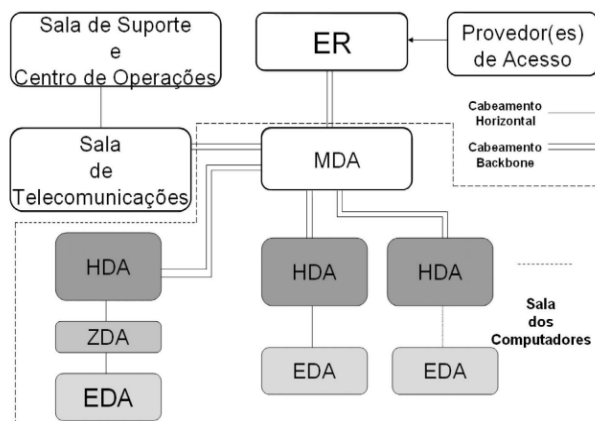


Figura 3 - Topologia básica de um Data Center. Fonte: [3].

A sociedade moderna tem os dados e a comunicação como base. Serviços como streaming de dados, recursos de captação e análise de dados (Big Data) e computação em nuvens só são viáveis graças aos Data Centers. Por ser um ambiente projetado para armazenar informações, processar dados, reunir servidores e gerenciar ativos de redes, o Data Center, é classificado primordialmente por suas características de disponibilidade, confiabilidade e redundância.

2.2 DISPONIBILIDADE

Disponibilidade indica o tempo que determinado sistema ficar em operação quando comparado com tempo que deveria está em operação. Ou seja, refere-se a uma infraestrutura adequada e confiável de tecnologia a fim de garantir o desempenho das operações e atividades essenciais para permite que a empresa possa executar suas operações de forma rápida, eficiente e sem problemas técnicos. O Data Center por ser um ambiente crítico deve dispor de altíssima disponibilidade.

De acordo com [2], para sistemas altamente confiáveis, assim como Data Centers, a disponibilidade ideal seria 100% do tempo, porém é difícil alcançar esse grau de disponibilidade uma vez que todo subsistema do Data Center pode apresentar falhas a qualquer momento. Assim, a disponibilidade do sistema pode ser calculada por:

$$Disponibilidade = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} = \frac{\text{tempo do sistema em operação}}{\text{tempo total incluindo as falhas}} \quad (1)$$

Fórmula 1 - Medida de disponibilidade de um sistema. Fonte: [2].

Sendo:

MTBF (*Mean Time Between Failures*): tempo médio entre falhas.

MTTR (*Mean Time to Repair*): tempo médio de reparo.

A disponibilidade de um Data Center é expressa como uma porcentagem ao longo do período de um ano e se aplica a cada um dos seus sistemas e serviços [2]. A Figura 4 mostra a pilha de dependências entre os sistemas de infraestrutura e os serviços providos por um Data Center.



Figura 4 - Dependência entre os Sistemas e Serviços em um Data Center. Fonte: [2].

No modelo em camada apresentado na Figura 4, percebe-se que a disponibilidade de um sistema ou serviço depende da camada inferior. Logo, o funcionamento da infraestrutura de um Data Center depende da energia elétrica. Posteriormente, há o sistema de refrigeração responsável por retirar o calor do ambiente produzido na operação do maquinário. Sistema este de suma importância, uma vez que os equipamentos tendem a falhar quando operados em altas temperaturas. Em seguida, há os equipamentos de TI (servidores, switches e armazenadores de dados). As três camadas inferiores (energia, refrigeração e equipamento de TI) são os alicerces para a geração dos serviços de processamento, armazenamento e rede, que, por sua vez, são a base dos serviços de virtualização de computadores no Data Center. Por fim, são criados os serviços de segurança e confiabilidade, para então empacotamos tudo como serviços de alta disponibilidade providos pelo Data Center.

2.3 CONFIABILIDADE

O conceito de confiabilidade expressa a medida do tempo em que um serviço TI pode executar a sua função sem interrupção. Falhas comprometem o funcionamento e prejudicam a confiabilidade do sistema. Elas são expressas normalmente pelo MTBF do sistema. Assim, a confiabilidade é definida como a probabilidade de um sistema não apresentar falhas antes de uma quantidade de horas determinada (t). [2] define a expressão para indicar a confiabilidade de um sistema como:

$$\text{Confiabilidade} = e^{-\frac{t}{\text{MTBF}}} \quad (2)$$

Fórmula 2 - Medida de confiabilidade de um sistema. Fonte: [2].

A confiabilidade é definida em função do tempo médio entre falhas (MTBF), sendo:

e = logaritmo neperiano (2,718).

t = Tempo considerado na análise.

2.4 REDUNDÂNCIA

O conceito de redundância diz respeito à duplicidade de partes, módulos, componentes ou sistema, com objetivo de evitar que falhas provoquem paradas em sua operação. No Data Center, o sistema de redundância é aplicado aos componentes críticos, começando pelo sistema de fornecimento de energia elétrica, de forma a evitar o *downtime* do ambiente devido a: falhas técnicas; falhas humanas (que causam erros de operação); e manutenção preventiva ou corretiva [2].

2.5 CATEGORIA DE DATA CENTER

De acordo com suas características um Data Center pode ser *Enterprise Data Center* (EDC) ou *Internet Data Center* (IDC). Segundo Manoel Veras, Data Centers que possuem características EDC são mantidos por empresas privadas, instituições ou agências governamentais com o objetivo de armazenar os dados processados internamente e as aplicações que servem seus usuários na Internet.

Já Data Centers IDC geralmente pertencem aos provedores de telecomunicações, às operadoras comerciais das redes de telefonia ou a outros tipos de prestadores de serviços de telecomunicações. O foco desse modelo é a comunicação com a Internet, ou seja, fornece diversos tipos de serviços de conexão, armazenamento e processamentos. Outro fator interessante é que existem duas modalidades de serviços oferecidos pelo IDC, o *co-location* e *hosting*.

2.6 NORMAS E CLASSIFICAÇÕES DE DATA CENTERS

Existem institutos internacionais que atestam os níveis de qualidade e confiabilidade dos Data Centers, com critérios rígidos e padronizados, os mais conhecidos são: The Uptime Institute, TUV Rheinland do Brasil, ICREA (Internacional Computer Room Experts Association) e IDCA (Internacional Data Center Authority).

Segundo Marin [2], a norma que se aplica à infraestrutura de um Data Center no que se diz respeito a redundância e disponibilidade é a ANSI/TIA 942. A norma ANSI/EIA/TIA 942 ou (TIA 942) define níveis de criticidade do Data Center, que são baseadas nos custos do downtime (Tempo de Indisponibilidade) e do TCO (Custo Total de Propriedade). Tal regulamento é aplicável para projetos de novos Data Centers (*greenfield*) ou empreendimentos já existentes (*retrofit*).

A norma TIA 942 indica os requisitos desde a construção até a pronta ativação do Data Center. Esta norma é baseada em um conjunto de outras normas relacionadas a seguir:

ASHRAE: trata da refrigeração.

TIA/EIA 568: estabelece um sistema de cabeamento para aplicações genéricas de telecomunicações em edifícios comerciais. Permite o planejamento e a instalação de um sistema de cabeamento estruturado.

TIA/EIA 569: norma que trata dos encaminhamentos e espaços.

TIA/EIA 606: providencia um esquema de administração uniforme independente das aplicações.

TIA/EIA 607: trata das especificações de aterramento e links dos sistemas de cabeamento estruturado em prédios comerciais.

De acordo com The Uptime Institute, o objetivo da classificação é oferecer aos envolvidos com projeto e gerências de Data Centers, uma referência para identificação de desempenho das topologias de projetos de infraestrutura de climatização e fornecimento de energia elétrica. A norma TIA 942 define a classificação dos Data Centers em quatro níveis independentes, chamados de TIERS (camadas), considerando Arquitetura, Telecomunicações, Aspectos Elétricos e Mecânicos.

2.7 CLASSIFICAÇÃO TIER - THE UPTIME INSTITUTE

O Uptime Institute, fundado em 1993 e com sede em Santa Fé, Novo México, é responsável por estabelecer especificações para as classificações mais conhecidas para Data Centers. Essas classificações definem a disponibilidade de estruturas físicas e instalações técnicas. As classes de *Tiers* I a IV descrevem a probabilidade de um sistema funcionar durante um período de tempo especificado.

O desempenho e a disponibilidade do Data Center podem ser descritos por uma série de termos como confiabilidade, disponibilidade e MTBF, normalmente difíceis de serem calculados. Uma alternativa é categorizar o Data Center em termos de camadas de níveis críticos. Existe sempre um compromisso entre o custo total de propriedade e a escolha de uma camada de criticidade. Ou seja, quanto mais sofisticado for o Data Center, menor o downtime e maior é o seu custo total de propriedade.

Assim como a norma TIA-942, a ABNT NBR 14565 não estabelece classificações de infraestrutura de Data Centers, porém adota o sistema de classificações desenvolvido pelo The Uptime Institute, em quatro níveis (ou *tiers*):

Tier I: Data Center básico.

Tier II: Data Center com componentes redundantes.

Tier III: Data Center com manutenção e operação simultânea.

Tier IV: Data Center tolerante a falhas.

A classificação de camadas é baseada em todos os componentes que são essenciais em uma infraestrutura de Data Center. O valor mais baixo de um componente específico (refrigeração, fonte de alimentação, comunicação, monitoramento, etc.) determina sua avaliação geral. A classificação também leva em consideração a sustentabilidade das medidas, processos operacionais e processos de serviço no Data Center. Isso é particularmente evidente na transição do Tier II para o Tier III, onde o caminho de fornecimento alternativo permite que o trabalho de manutenção seja executado sem

interferir na operação do Data Center, que por sua vez é refletido no valor MTTR (Tempo Médio para Reparo).

2.8 DATA CENTER TIER 1 - DATA CENTER BÁSICO

Em um Data Center Tier I (Figura 5) não há redundância de componentes ou de caminhos de distribuição em sua distribuição elétrica e mecânica, ou seja, não existe redundância nas rotas físicas e lógicas. Esses Data Centers não requerem sistemas de alimentação de emergência, sistemas de alimentação ininterrupta ou andares duplos. Em outras palavras, prevê a distribuição de energia elétrica para atender a carga sem redundância. Sites Tier I, devem ter os sistemas desligados para serviços de manutenção planejada e não planejadas. Falhas podem causar interrupção parcial ou total das operações.

Um Data Center Tier I tem infraestrutura mínima necessária para suportar a carga crítica de TI, porém sem qualquer redundância. Se usarmos o sistema elétrico como referência, isso significa que há apenas um grupo motor-gerador e apenas um sistema UPS. Em média, possui um período de *downtime* por falha e/ou manutenção de 28,8 horas/ano e uma disponibilidade de 99,67%.

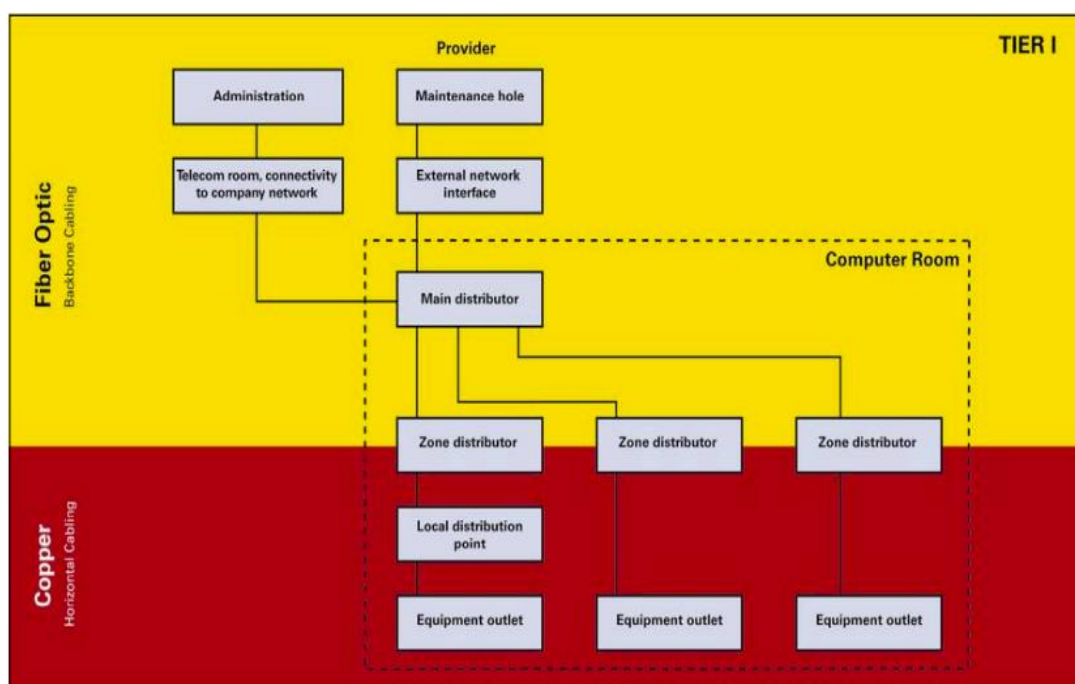


Figura 5 - Data Center Tier I - Data Center Básico. Fonte: [4].

Uma topologia simples em estrela ou sistema de cabeamento estruturado atende aos requisitos da Tier I. Nem os sistemas de cabeamento de backbone, sistemas de cabeamento horizontal e componentes de rede ativos são redundantes. A operação da rede pode ser interrompida. No entanto, a integridade dos dados deve ser garantida.

2.9 DATA CENTER TIER II - DATA CENTER COM COMPONENTES REDUNDANTES

Um Data Center Tier II (Figura 6) possui componentes redundantes, mas não possui caminhos de distribuição redundantes. Essa característica proporciona mais agilidade ao sistema de manutenção e reduz impactos nos equipamentos por conta das falhas de distribuição. É necessária uma fonte de alimentação ininterrupta, módulos de nobreak redundantes, sistemas de ar condicionado devem ser projetados para operação contínua 24x7, bem como pisos duplos, mesmo assim é necessário o desligamento de todo o sistema durante a manutenção.

Os equipamentos de telecomunicações do Data Center e também os equipamentos de telecomunicações da operadora, assim como os dispositivos da LAN-SAN, devem ter módulos de energia redundantes. O cabeamento do *backbone* principal LAN e SAN das áreas de distribuição horizontal para os switches do *backbone* deve ter cabos de cobre ou fibras redundantes, além de duas caixas de acesso de telecomunicações e dois caminhos de entrada até o ER.

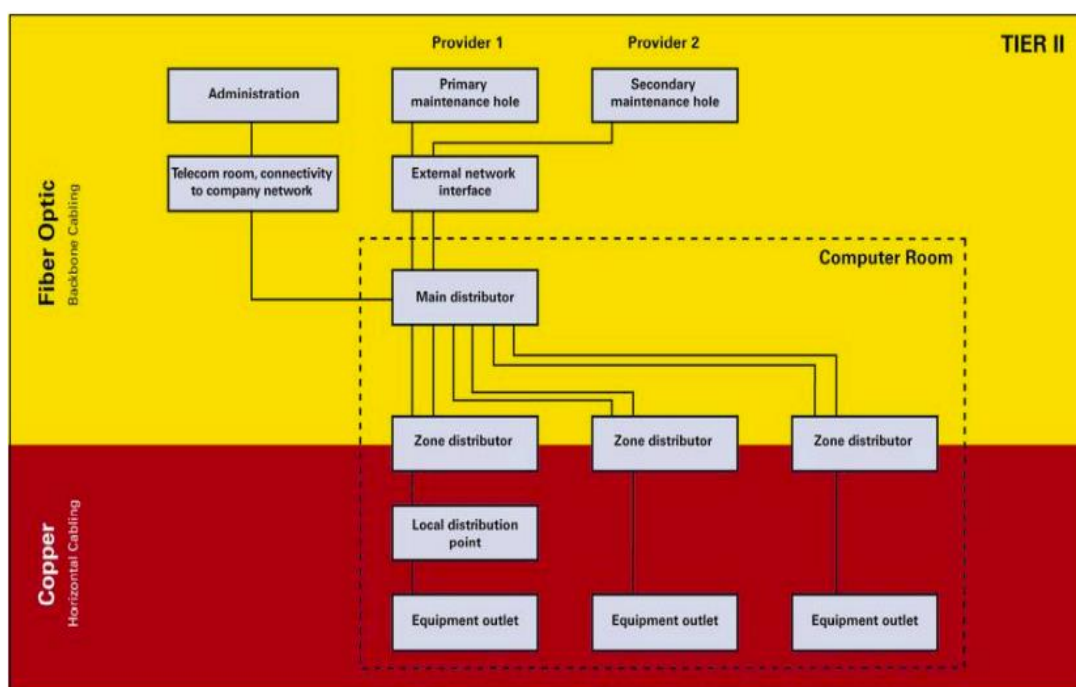


Figura 6 - Data Center Tier II - Data Center com Componentes Redundantes. Fonte: [4].

Um site Tier II é suscetível a interrupção por causas acidentais que pode ser oriunda de erros de operações de componentes e subsistema de infraestrutura e por atividades planejadas. Tomando o sistema elétrico como referência, um Data Center Tier II tem um grupo motor-gerador adicional e um módulo ou sistema UPS adicional (em relação ao mínimo necessário). Seu período de downtime por falha e/ou manutenção é de 22 horas/ano e sua disponibilidade é em média de 99,75%.

O cabeamento de backbone e o cabeamento horizontal no nível Tier II também estão em uma topologia em estrela e não são redundantes. A redundância deve ser planejada para componentes de ativos de rede e suas conexões. A operação da rede só pode ser interrompida em horários específicos ou durante os horários de pico de operação, minimamente.

2.10 DATA CENTER TIER III - DATA CENTER COM MANUTENÇÃO E OPERAÇÃO SIMULTÂNEAS

Um Data Center Tier III (Figura 7) opera com componentes de capacidade redundantes e várias redes de distribuição, ou seja, um sistema autossustentado que deve ser atendido por, no mínimo, duas operadoras de telecomunicações com cabeamentos distintos. Além disso, deve ter duas salas de entrada com, no mínimo, 20 metros de separação sendo que essas salas não podem compartilhar equipamentos de telecomunicações e devem estar em zonas de proteção contra incêndios, sistemas de energia e ar condicionado distintos; prover caminhos redundantes entre as salas de entrada, as salas MDA e as salas HDA sendo que estas conexões devem ter fibras ou pares de fios redundantes. Ademais, deve ter uma solução de redundância para os elementos ativos considerados críticos como o *storage* e prover pelo menos uma redundância elétrica. Para sites Tier III são fatores que podem causar interrupção de operação: causas acidentais, erros de operação e atividades planejadas de componentes e subsistemas.

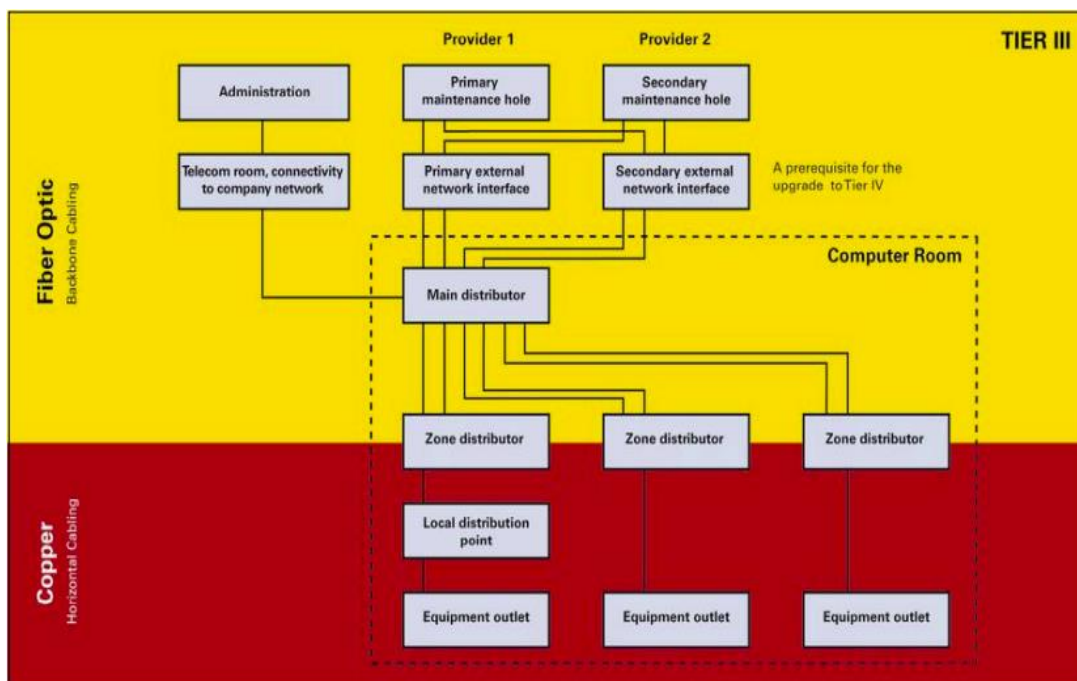


Figura 7 - Data Center Tier III - Data Center com Manutenção e Operação Simultâneas. Fonte: [4].

Um Data Center Tier III possui, além de componentes redundantes, caminhos alternativos para atender às cargas críticas de TI, porém o caminho redundante não é mantido energizado. Em média, seu downtime por falha e/ou manutenção é de 1,6 horas/ano e sua disponibilidade é de 99,98%.

O cabeamento de backbone e os componentes de rede ativos no nível Tier III são configurados redundantemente em uma topologia em estrela. A operação da rede deve ser mantida sem interrupção nos horários especificados e durante os horários de pico de operação.

2.11 DATA CENTER TIER IV - INFRAESTRUTURA TOLERANTE A FALHAS

Um Data Center Tier IV (Figura 8) opera usando componentes de construção redundantes. Várias redes de distribuição oferecem suporte a servidores simultaneamente, ou seja, possuem tolerância a falhas, e todo o cabeamento deve ser redundante, além de protegido por caminhos fechados.

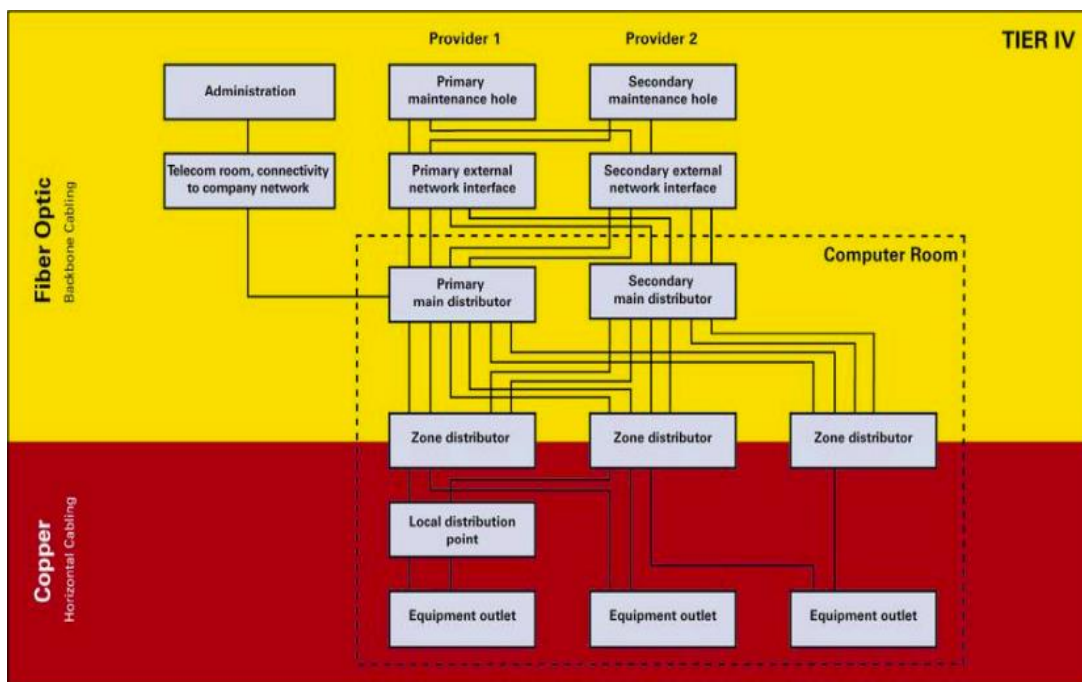


Figura 8 - Data Center Tier IV - Infraestrutura Tolerante a Falhas. Fonte: [4].

Os dispositivos ativos devem ser redundantes e devem ter alimentação de energia redundante. O sistema deve prover comutação automática para os dispositivos de backup. Recomenda-se uma MDA secundária que, em zonas de proteção contra incêndio, devem ser separadas e alimentadas por caminhos separados. Não é necessário um caminho duplo até o EDA. O prédio deve ter pelo menos duas fontes de alimentações de energia independentes, a partir de diferentes subestações. O sistema

de ar condicionado deve incluir múltiplas unidades de ar condicionado com a capacidade de resfriamento combinada para manter a temperatura e umidade relativa de áreas críticas nas condições projetadas.

O Data Center classificado como Tier IV é tolerante a falhas. Possui redundância de componentes e caminhos de distribuição que são ativos automáticos em caso de necessidade. Possuem, em média, um downtime de 0,4 horas/ano e podem sofrer manutenção durante a operação sem que o serviço sofra interferência. Sua disponibilidade é de 99,99%.

O nível Tier IV requer que o cabeamento de backbone e todos os componentes ativos, bem como a fonte de alimentação ininterrupta e o gerador de energia de emergência sejam redundantes. O cabeamento horizontal também pode ser configurado de forma redundante, se desejado. Os sistemas e redes devem operar sem interrupções. A operação 24 horas por dia, 7 dias por semana é um requisito absoluto. Isso significa que o Data Center funciona 24 horas por dia, todos os dias da semana. Deve ser planejado para ser tolerante a falhas, sem um ponto único de falha (SPOF). Os trabalhos de manutenção e reparação podem ser executados durante o funcionamento contínuo, mas não devem originar tempos de inatividade.

2.12 CLIMATIZAÇÃO DO DATA CENTER

Devido à alta taxa de concentração de equipamentos, a densidade de carga numa sala de TI pode alcançar níveis elevados quando comparado com edificações que não necessitam de uma refrigeração específica. O sistema HVAC (Heating, Ventilation, and Air Conditioning ou Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado) são projetados para gerenciar a alta densidade de carga destinados a atender a demanda de Data Center. Esse sistema inclui múltiplas unidades de ar condicionado com capacidade de manter a temperatura e umidade, com unidades redundantes, podendo efetuar manutenções sem parar o sistema de HVAC [4].

A Tabela 1 apresenta recomendações de temperatura para a entrada de ar nos equipamentos e também a umidade relativa, de acordo com a ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and AirConditioning Engineers, Sociedade Americana de Engenheiros de Climatização), entidade norte-americana internacional na área de padronização para climatização.

Tabela 1 - Especificações de temperatura e umidade relativa.

Especificação do Ambiente				
Classe	Temperatura (°C) Recomendada	Temperatura (°C) Recomendada	% umidade relativa permitida	% umidade relativa recomendada
1	15 até 32,2	20 até 25	20 – 80	40 – 55

O maior problema com os sistemas comuns de ar condicionado é que eles são projetados para o conforto das pessoas, e não para a proteção de ambientes de TI. Diferentemente das pessoas, os computadores geram calor seco (também conhecido por calor sensível), e não geram umidade. De acordo com [2], aproximadamente cem por cento de toda energia elétrica consumida no Data Center é convertida em calor, que precisa ser retirada do ambiente. As mudanças repentinas na temperatura e umidade podem ser tão prejudiciais quanto a existência de condições inadequadas no ambiente. Se as condições ambientais da sala de TI não estiverem adequadas, as operações de processamento e armazenamento de dados sofrerão os reflexos. Os problemas variam de dados corrompidos até parada total do sistema.

Entre o ar-condicionado e os equipamentos de TI há um fluxo de ar: o ar frio fornecido pelo CRAC (Computer Room Air Conditioner) deve ser captado pela carga de TI, e o ar aquecido pela carga de TI deve retornar ao CRAC para ser novamente resfriado. No entanto, esse fluxo de ar entre ar-condicionado e os equipamentos de TI não é perfeito, e conseqüentemente sofre influência de três problemas recorrentes que são:

- **“ar desviado” ou “ar de bypass”:** nem todo o ar esfriado pelo CRAC chega à carga de TI, parte acaba por desviar e se misturar com ar quente que retornara ao CRAC. Conseqüentemente a quantidade de ar resfriado que chegara à carga de TI será menor e temperatura aumentara. Como não chegar ar suficiente para refrisar os equipamentos serão necessários aumentar a potência das ventoinhas do CRAC o que aumentara o seu consumo elétrico. Por outro lado, a diminuição da temperatura do ar de retorno ao CRAC diminuir sua eficiência. Esse problema pode ser causado por placas de piso perfuradas em locais que não o “corredor frio”, furos de passagem de cabos atrás dos racks abertos e piso elevado desalinhado. Também pode ocorrer quando o ar frio escapa por cima ou pelas laterais do corredor frio sem ser captado pelos computadores.
- **Recirculação do ar quente:** o ar quente que sai da carga de TI deveria retornar ao CRAC, mas nem sempre isso ocorre, como conseqüência parte desse ar quente acaba recirculando e entrando novamente na captação de ar frio dos equipamentos. O que gera um aumento na temperatura das máquinas o que acaba por provoca um sobreaquecimento levando ao desligamento, falhas e diminuição da vida útil dos equipamentos. Isso obriga a aumentar a potência de resfriamento do CRAC, aumentando também seu consumo elétrico. Esse problema pode ser minimizado instalando placas cegas nas posições não usadas dos racks, e não deixar aberturas entre eles.

- **Pressão negativa:** nas proximidades do CRAC o ar abaixo do piso elevado pode estar com muita velocidade. Como o ar flui de onde tem mais pressão para onde tem menos pressão. Se colocar uma placa de piso perfurada muito perto do CRAC, o ar do ambiente será sugado para baixo do piso, pois ali haverá uma “pressão negativa”. Ao ser sugado, o ar quente (ambiente) se misturará com o ar resfriado fornecido pelo CRAC, aumentando sua temperatura. Os efeitos serão semelhantes aos do ar quente recirculado: aumento da temperatura do ar fornecido aos computadores. Para compensar, será necessário “esfriar” ainda mais a sala, gastando mais energia. Recomenda-se não posicionar as placas de piso perfuradas perto dos CRACs.

O sistema de refrigeração de um Data Center é projetado para dispensar o calor produzido por diferentes salas (salas técnicas e salas de informática). Duas tecnologias principais de resfriamento são usadas atualmente para o resfriamento do Data Center: resfriamento com água gelada e resfriamento direto ou indireto.

O resfriamento de água gelada faz uso de *chillers*, bombas de água e tubulação para distribuição e unidades de tratamento de ar (AHUs) nas diferentes salas do Data Center. As AHUs e as bombas de água precisam de uma fonte de alimentação segura para poder manter a temperatura ambiente de TI durante a sequência de partida da usina de backup em caso de interrupção da fonte primária.

O resfriamento direto ou indireto usa ventiladores para fornecer ar e exaustão de ar, filtros e nebulização de água quando necessário. Nesse tipo de sistema, todas as cargas elétricas são protegidas com UPS. O consumo elétrico máximo da carga de resfriamento pode variar dependendo da tecnologia de resfriamento, do equipamento de resfriamento e das condições extremas do ar externo.

As cargas de resfriamento também são classicamente equipadas com inversores de frequência variável (VFD) embutidos no equipamento ou não. Como os VFDs podem levar a perturbações elétricas devido a correntes de fuga no solo que podem perturbar o equipamento de comunicação sensível, uma atenção especial deve ser dada ao fornecer cargas perturbadoras como VFDs e cargas TI com o mesmo transformador de baixa tensão. O ideal em termos de compatibilidade eletromagnética (EMC) é ter uma separação galvânica entre cargas sensíveis e cargas perturbadoras.

3. CARACTERÍSTICAS ELÉTRICAS DO DATA CENTER

Nessa seção, será abordada a energia elétrica, o principal recurso de um Data Center, uma vez que, todos os sistemas, serviços e equipamentos dependem do sistema elétrico para operar. Portanto é de suma importância dimensionar adequadamente o sistema de distribuição elétrica. Sistema esse que inclui entrada do sistema elétrico (subestação), quadro elétrico primário, grupo motor gerador, chave de transferência automática, quadro elétrico secundário, baterias e módulos UPS (*Uninterruptible Power Supply*, popularmente conhecido como “nobreak”), PDU (*Power Distribution Unit*).

3.1 CÁLCULO DE EQUILÍBRIO DE CARGA

A primeira etapa do projeto elétrico é calcular a corrente e a potência máximas para cada equipamento a partir das cargas até a conexão à rede. Para realizar este cálculo, as cargas permanentes máximas precisam ser conhecidas para fazer o fluxo de carga do sistema de energia e definir corretamente as classificações de corrente.

Para um fluxo de carga preciso, as perdas do cabo de baixa tensão, as perdas do UPS, o fator de potência da carga, o fator de potência de entrada do UPS, as perdas dos transformadores média tensão/baixa tensão e o consumo reativo precisam ser considerados. Ao especificar o equipamento, é necessário verificar a capacidade de cada dispositivo em termos de potência ativa (kW), potência reativa (kVAR) e corrente máxima (Amps).

3.2 NÍVEL DE INATIVIDADE

A depender da criticidade do negócio, as instalações do Data Center precisam de equipamentos de backup para enfrentar ou não uma ou várias das interrupções do sistema de energia [4]. Vários níveis de continuidade de serviço podem então ser definidos:

- Nível 1: Data Center com sistema elétrico simples, sem redundância.
- Nível 2: Data Center com caminho único de distribuição com componentes redundantes. Backup em caso de perturbações de curto da rede.

- Nível 3: Data Center com dois caminhos de distribuição um ativo e outro ocioso, sistema com capacidade de manutenção e operação planejadas. Backup em caso de interrupções curtas e longas da rede.
- Nível 4: Data Center com dois ou mais caminhos de distribuição ambos ativos, sistema com tolerância a falhas. Backup em qualquer caso (falhas na rede ou no equipamento de distribuição no local), alcançando redundância total em todas as instalações do Data Center.

3.3 CLASSIFICAÇÕES DOS SISTEMAS ELÉTRICOS

Ao planejar um projeto elétrico de um Data Center é importante determinar quanto tempo de inatividade pode ocorrer sem afetar as operações de negócios, e posteriormente definir os equipamentos elétricos que serão implantados no Data Center. O tempo de inatividade é definido de acordo com a criticidade dos negócios. Já ao escolher os equipamentos elétricos o projetista deve considerar como a fonte de alimentação será configurada, quanto energia cada servidor consumirá, o fator de potência das fontes de alimentação do servidor, a distorção harmônica total de tensão/corrente e a tensão de pico da fonte de alimentação.

Após definir os requisitos de backbone, a etapa seguinte é desenvolver um ou mais projetos que acomodem suficientemente as necessidades do negócio. Existem três hierarquias principais de projeto de Data Center elétrico: N, N + 1 e 2N [4]. O sistema de design N usa o número exato de equipamentos ou sistemas sem qualquer redundância embutida. Os projetos N + 1 têm um sistema adicional integrado para redundância, enquanto 2N se refere a projetos que têm o dobro do equipamento necessário, que fornece redundância máxima.

A Tabela 1 descreve as topologias de Data Center mais comuns, juntamente com seus prós e contras.

Tabela 2 - Topologias elétricas de Data Center

Nível	Redundância	Prós	Contras
N	Sem redundância.	Menos equipamento elétrico necessário. Custo mais baixo: construção inicial e manutenção.	Interrupções e falhas derrubaram os gabinetes do servidor.
N+1 UPS paralela redundante	Um sistema UPS equivalente de redundância.	Gerenciamento de carga mais fácil porque a energia é compartilhada pelo barramento UPS.	O barramento UPS é um ponto único de falha.
N+1 Bloco redundante	Um sistema UPS equivalente de redundância.	O barramento de reserva está sempre disponível em caso de interrupções e manutenção. Gerenciamento de carga fácil.	Requer instalação de equipamento de capacidade de transferência de carga. Baixa utilização do sistema redundante levando à redução da eficiência.
N+1 Redundante distribuído	Um sistema UPS equivalente de redundância.	Todo o equipamento é utilizado. Solução econômica.	Requer instalação de equipamento de capacidade de transferência de carga. Exercícios intensos e contínuos de gerenciamento de carga para garantir uma distribuição adequada.
2N	Redundância máxima, dois sistemas idênticos.	A separação do sistema fornece verdadeira redundância em todos os níveis.	Alto custo do equipamento. Custo de manutenção aumentado.

3.4 TOPOLOGIAS

A configuração do sistema distribuição elétrica do Data Center é determinado de acordo com o nível de redundância e disponibilidade planejada. Estes parâmetros devem ser observados, pois a redundância aumenta a tolerância a falhas e a capacidade de manutenção do site, no entanto, a complexidade do sistema elétrico também aumenta.

3.4.1 CONFIGURAÇÃO PARALELA DE UPS REDUNDANTE

Nesta topologia (Figura 9), a energia flui da concessionária por meio do sistema de fonte de alimentação ininterrupta (UPS) e unidades de distribuição de energia (PDUs) paralelas. Um *switchgear* (comutador) de paralelismo UPS fornece energia para PDUs. PDUs distribuem energia para os servidores. Se a fonte de alimentação da concessionária falhar, os geradores irão pegar a carga e o sistema UPS paralelo preencherá a lacuna da falta de energia durante a transição da concessionária para o gerador. Uma topologia redundante de UPS paralela acomoda configurações de rack de cabo único ou duplo, fornecendo redundância nos níveis de UPS (N + 1) e PDU (2N).

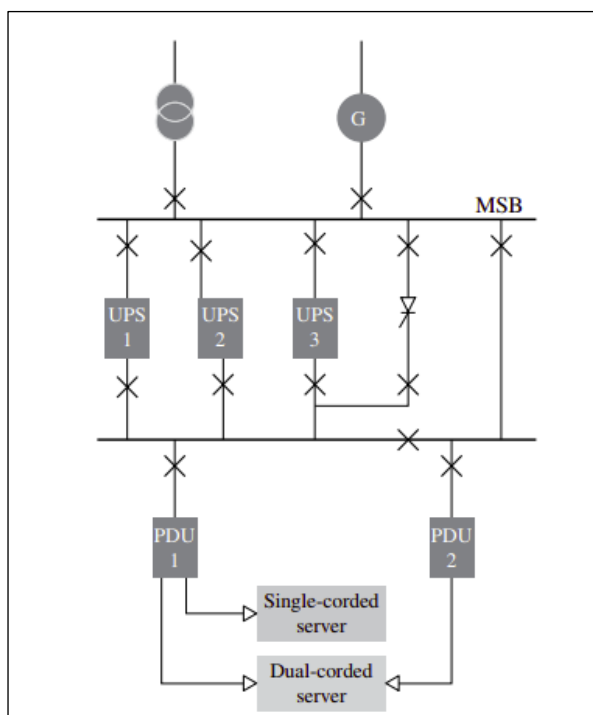


Figura 9 - Configuração Paralela de UPS Redundante. Fonte: [4].

Essa topologia não tem redundância, exceto um backup em caso de falha da rede elétrica usando uma unidade UPS com um gerador de reserva. Usando essa topologia, vários pontos de falha únicos levarão ao desligamento do servidor, incluindo falhas e manutenção planejada na distribuição baixa tensão.

3.4.2 CONFIGURAÇÃO DE BLOCO REDUNDANTE

Nessa topologia (Figura 10), também conhecida como sistema coletor, a energia flui da concessionária por meio do UPS/PDU e se conecta ao servidor. Cada conjunto de PDUs possui um UPS dedicado a ele, com uma reserva para fornecer energia em caso de interrupção. Uma topologia de bloco redundante acomoda configurações de rack com um ou dois cabos, fornecendo redundância nos níveis de UPS e PDU. Em condições normais, cada bloco é carregado a 100% no máximo e o bloco de reserva está sem carga. Se um bloco falhar, o STS comuta as cargas no bloco de reserva em menos de 10 ms.

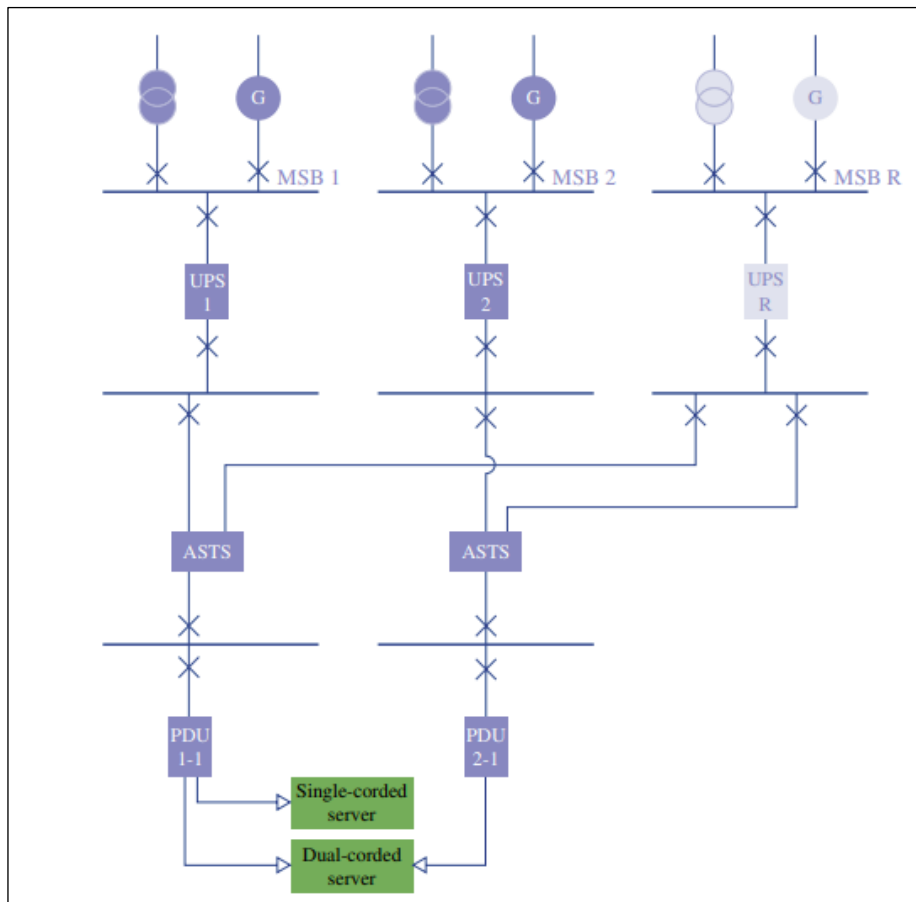


Figura 10 - Configuração de bloco redundante. Fonte: [4].

3.4.3 CONFIGURAÇÃO REDUNDANTE DISTRIBUÍDA

Nesta topologia (Figura 11), a energia flui da concessionária por meio do UPS/PDU e se conecta ao servidor. A carga do Data Center é distribuída pelas PDUs, deixando capacidade suficiente para o UPS. Por exemplo, se houver três sistemas no Data Center, cada sistema deve ser carregado a 66%; se um sistema falhar, 33% da carga pode ser transferida para cada um dos sistemas ativos restantes. Uma topologia redundante distribuída acomoda configurações de rack com um ou dois cabos, fornecendo redundância no nível do sistema.

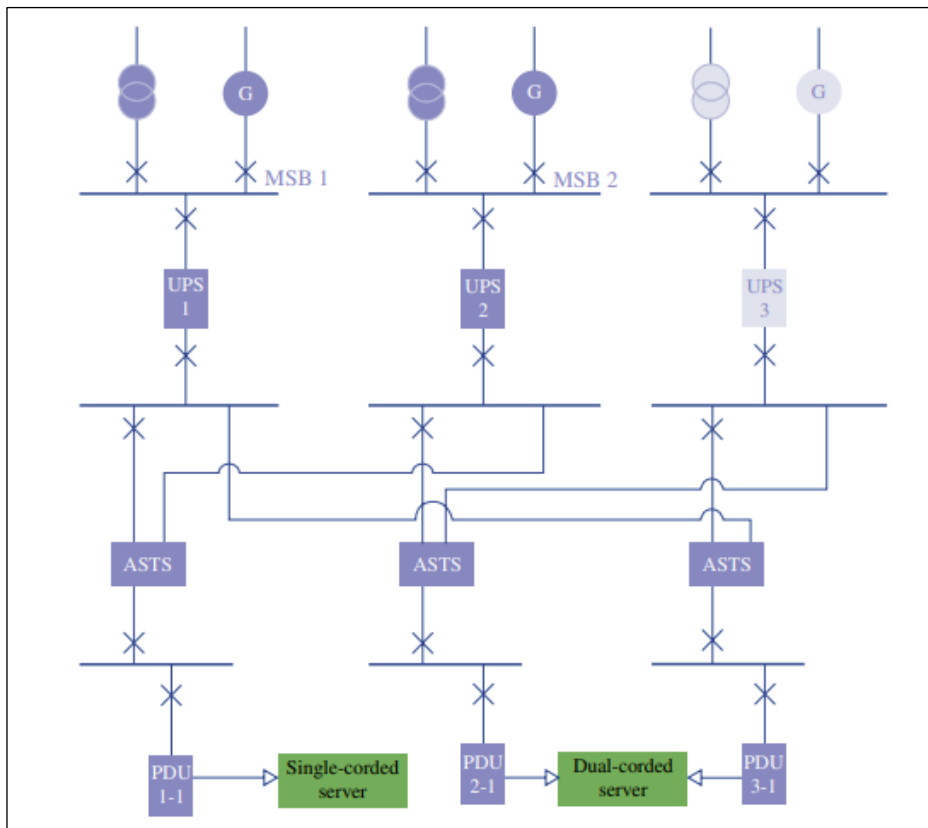


Figura 11 - Configuração Redundante Distribuída. Fonte: [4].

3.4.4 CONFIGURAÇÃO 2N

Nesta topologia (Figura 12), a energia flui da concessionária por meio do UPS/PDU de dois sistemas separados e se conecta ao servidor. Uma configuração 2N fornece redundância em todo o sistema, acomodando racks com um ou dois cabos.

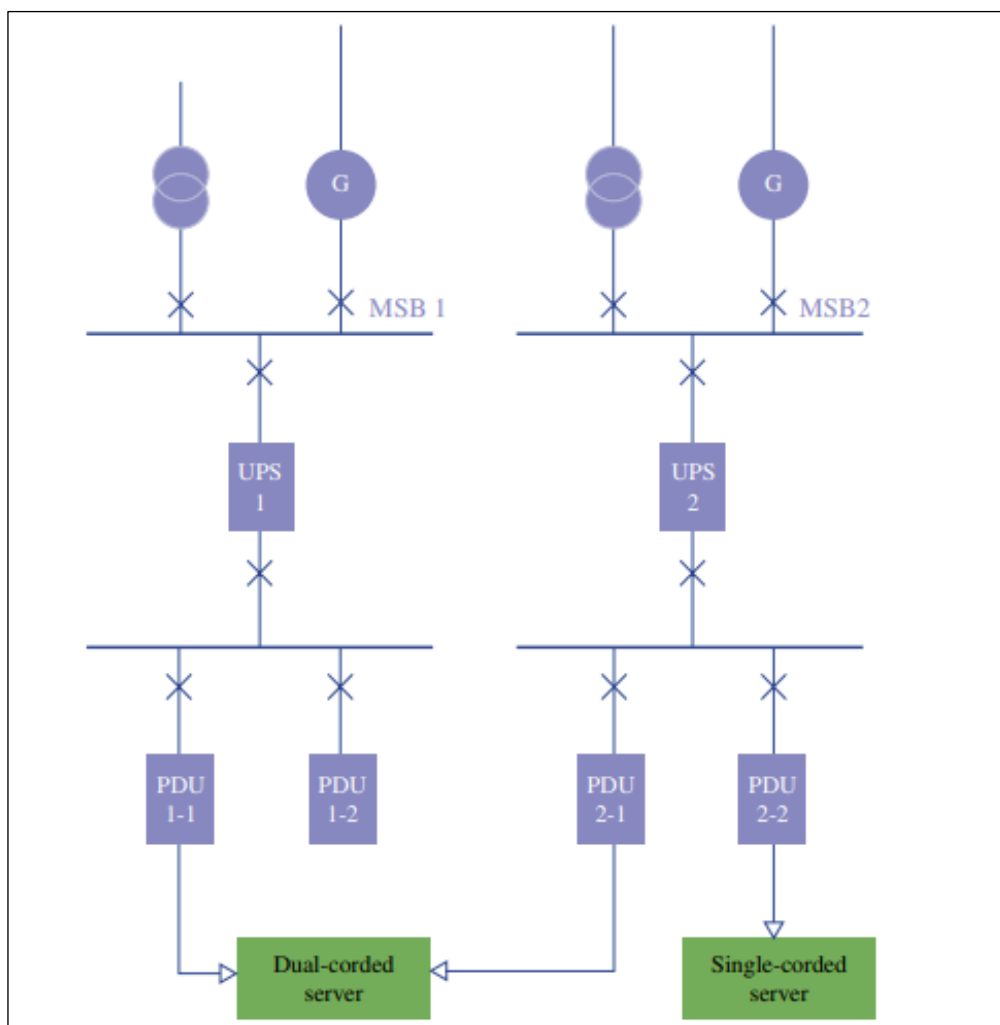


Figura 12 - Configuração 2N. Fonte: [4].

3.4.5 TOPOLOGIA DA UNIDADE UPS ROTATIVA A DIESEL N + 1.

Esta topologia foi projetada com tecnologia UPS rotativo a diesel (DRUPS ou UPS Rotativo Diesel) para obter um design econômico com unidades N + 1. No nível média tensão, N + 1 DRUPS estão fornecendo vários blocos média tensão/baixa tensão. A carga é compartilhada entre todas as unidades DRUPS usando o barramento de paralelismo. Se um DRUPS falhar, as unidades restantes fornecerão as cargas sem qualquer alteração. Se ocorrer um curto-circuito a jusante do DRUPS, a falha será eliminada pela zona de proteção. Durante o curto-circuito, as bobinas no barramento comum são projetadas para manter a tensão em uma faixa aceitável de acordo com a curva ITI.

3.4.6 REDUNDÂNCIA DE BLOCO N + 1 USANDO REDUNDÂNCIA DE TI

Nessa topologia, não há redundância no nível do bloco. A redundância N + 1 é alcançada no nível de TI. Se um bloco falhar, a perda dos servidores fornecidos pelo bloco com falha é copiada pelos outros servidores e os processos de TI não sofrem nenhum blecaute. Esse tipo de arquitetura

requer um pouco mais de investimento em infraestrutura de TI, mas oferece a vantagem de não projetar nenhuma redundância no nível de baixa tensão.

3.5 CAPACIDADE E EFICIÊNCIA DO SISTEMA ELÉTRICO

A capacidade do sistema elétrico do Data Center é a potência (kW) necessária para alimentar toda a carga de consumo elétrico do sistema com uma margem de projeto, bem como uma margem para futuros crescimentos nesse consumo. Essa capacidade de projeto é denominada “N” no dimensionamento para o sistema de redundância. Quanto maior é a redundância melhor é a confiabilidade do sistema, porém o custo do projeto aumenta consideravelmente. Então os projetistas definem a eficiência do projeto, a qual pode ser expressa pela fórmula 03 [2].

$$e_p = \frac{\text{Carga requerida(kW)}}{\text{Potência instalada(kW)}} \cdot 100 (\%)$$

Fórmula 3: Fórmula para cálculo da eficiência do projeto do sistema elétrico. Fonte: [2].

Por exemplo, considere um Data Center com redundância N+1 em seu sistema de UPS modular e a capacidade requerida de 200 kW. Suponha ainda que o fabricante do UPS possui módulos de potência de 200 kW, 100 kW, 66 kW e 50 kW para o seu equipamento de energia ininterrupta. A Tabela 3 mostra a quantidade de módulos necessários para atender a carga requerida e o nível de redundância, bem como a eficiência de projeto para cada escolha.

Tabela 3 - Módulos vs Carga. Fonte: [2]

Topologia	Módulos para atender a topologia N (200 kW) +1	Relação de módulos	Eficiência de projeto
N+1	2 módulos de 200 kW	2:1	50%
	3 módulos de 100 kW	3:2	66%
	4 módulos de 66 kW	4:3	75%
	5 módulos de 50 kW	5:4	80%

Percebe-se que a melhor eficiência (80%) é atingida quando se utiliza módulos de 50 kW, pois do total de 250 kW de todos os módulos, apenas 50 kW ficam em modo de espera por alguma falha nos outros módulos em operação.

3.6 DISTRIBUIÇÃO ELÉTRICA DO DATA CENTER

O sistema de distribuição elétrica é um dos sistemas críticos do Data Center. Para garantir a disponibilidade dos sistemas e fornecer disponibilidade de 100% a alimentação elétrica dos equipamentos de TI deve ser contínua sendo necessário para tanto sistemas auxiliares de alimentação elétrica como como Grupo Motor-Gerador (GMG) e o Sistema de Energia Ininterrupta (UPS -

Uninterruptible Power Supply). O adequado funcionamento destes componentes elétricos determina o tempo de operação do Data Center em termos de redundância, disponibilidade e confiabilidade.

Os elementos básicos que todo Data Center deve em termos de sistema elétrico são [5]:

- Entrada de alimentação elétrica proveniente da concessionária.
- Grupo motor-gerador (ou simplesmente Gerador).
- Chaveadores (chaves de comutação).
- Sistema UPS (Uninterruptible Power Supply).
- Unidade de distribuição de energia (PDU - Power Distribution Unit).
- Sistema de aterramento.

O esquema de interligação dos elementos de distribuição elétrica em um Data Center é apresentado na Figura 13.

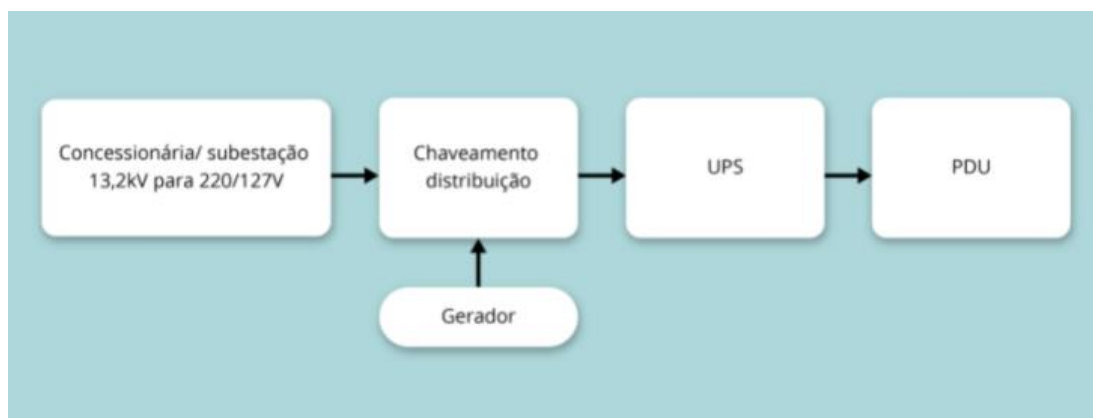


Figura 13 - Sistema elétrico básico de um Data Center. Fonte: [2].

No sistema apresentado, a energia que chega da concessionária vem para uma subestação de transformação de alta para baixa tensão, normalmente de 13.200V para 220V ou 127V. Essa energia da concessionária chega em um quadro de chaveamento, geralmente próximo ao gerador, o qual liga automaticamente o gerador e chaveia para a sua energia caso haja uma interrupção no fornecimento da energia pela concessionária. Em seguida, a energia chega ao UPS, que carrega as baterias e repassa para as PDUs. Essa energia armazenada nas baterias do UPS será utilizada no momento em que o gerador é acionado.

De acordo com [2], os principais componentes de um esquema de distribuição elétrico são: entrada de serviços, transformador, grupo motor gerador, chave ou quadro de transferência automático, UPS quadros elétricos (PDU).

3.7 ALIMENTADORES

Os cabos de alimentação elétrica devem entrar no Data Center e alimentar o transformador ou subsistema da edificação. A forma mais segura para instalação de alimentadores é via conduítes corrugados com proteção mecânica em aço que deve estar concretado sobre o solo [2].

3.8 TRANSFORMADORES

O que defini a localidade da instalação do transformador é a demanda por energia do consumidor. Nos Data Centers, por ser ambiente de alta demanda, eles devem ser instalados dentro da edificação. Em geral, a tensão da linha de transformadores é baixada para valores padronizados na rede de distribuição primária comumente de 13,2 kV.

3.9 CHAVES DE TRANSFERÊNCIA

É o dispositivo usado para conectar fontes de alimentação a carga comum. Atuam geralmente entre a concessionária e o gerador backup. Ao detectar a falha da fonte de alimentação normal a chave de transferência automática (ATS ou QTA) envia um comando para dar partida no gerador. Após atingir frequência e tensão adequadas a chave o conecta ao sistema de distribuição elétrica. O processo inverso é realizado quando a fonte normal é restabelecida.

Vale ressaltar que tempo para comutar entre as fontes são na ordem de dezenas de segundos, durante esse tempo as cargas conectadas ao sistema elétrico do Data Center não são capazes de operar. Por esse motivo os UPS são os responsáveis por manter as cargas em operação. Esse processo de comutação é feito entre duas cargas “vivas”, dessa forma o sistema pode apresenta distúrbios elétricos. Para que esses distúrbios sejam minimizados o projetista deve escolher adequadamente os dispositivos do sistema elétrico.

3.10 GERADORES (GRUPOS GERADORES)

São os responsáveis por suprir o Data Center quando falta energia da concessionária local. Os geradores são normalmente instalados em configuração paralelo redundante cada um com capacidade de suporta a instalação inteira conectados em paralelo de forma que um cubra a falha do outro. Geralmente são os equipamentos que apresentam maior MTBF (tempo médio entre falhas) no sistema elétrico do Data Center. Os quadros de comandos dos geradores, suas controladoras e chaves de transferência devem ser de alta confiabilidade para garantir que as cargas não sofrerão a interrupção de elétrica mesmo em caso de falhas de um ou mais geradores. Os geradores tem como configuração típica modo paralelo redundante. Instalar os geradores nessa configuração garantir níveis de redundância de componentes N+1, N+2, etc.

3.11 QUADRO ELÉTRICOS E PDU (POWER DISTRIBUTION UNIT)

As unidades de distribuição de alimentação (PDU) são elementos essenciais para a gestão de alimentação e para garantir a operação dos equipamentos críticos de TI em ambientes críticos como Data Centers. Uma PDU é composta de um disjuntor de entrada principal, painéis de circuito de derivação, transformador de potência, cabos de alimentação de saída, para-raios e módulos de monitoramento e comunicação geralmente ficam localizados nos espaços de TI para distribuir, controlar e monitorar a energia crítica do sistema UPS. montadas em sistemas mais complexos ou em gabinetes em geral apresentam as seguintes características: possuem quadros elétricos com disjuntores principais e reguladores de tensão e têm painéis de distribuição para proteger os circuitos secundários que alimentam as cargas.

3.12 UPS (UNINTERRUPTIBLE POWER SUPPLY) E BATERIAS

Antigamente a qualidade da energia era péssima e sua ausência era constante, contudo, interrupções de energia não causavam danos aos processos devido à pequena quantidade de equipamentos. No entanto, atualmente devido à alta demanda exigida pelos ambientes críticos de um Data Center qualquer parada de operação (*downtime*) por mais insignificante que seja pode resultar em perdas de dados e danos materiais incalculáveis.

Segundo [2], ao prever os espaços para acondicionar os equipamentos elétricos do Data Center, o projetista deve alocar os alimentadores elétricos mais próximo possível dos quadros elétricos (PDU) para reduzir a quantidade de cabos elétricos, custo e quantidade de calor, Figura 14. Nos casos em que existirem a possibilidade de fornecimento de energia elétrica por concessionárias distintas, também se faz necessário que existam duas rotas de entrada por caminhos redundantes sendo recomendado que a distribuidora principal esteja próxima à entrada principal do Data Center, visto que, após a instalação, é mais difícil e caro incorporar melhorias a um circuito [2].

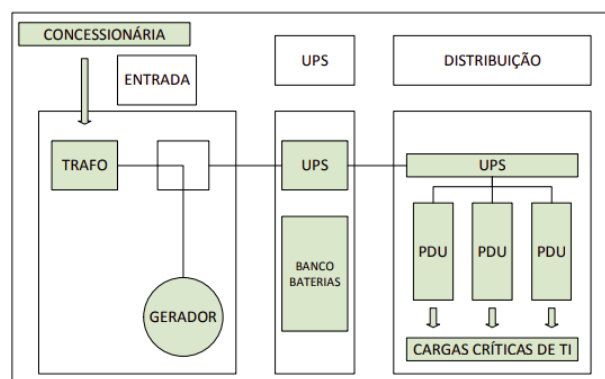


Figura 14 - Distribuição elétrica do Data Center. Fonte: [2].

O UPS é composto por conjuntos de nobreaks que contêm baterias, inversores e retificadores, e tem como função fornecer energia para todos os equipamentos de um Data Center, incluindo equipamentos de detecção, alarme de incêndio e segurança [6]. As baterias são dimensionadas para garantir um período mínimo de 15 minutos de autonomia, tempo suficiente para partida e conexão dos geradores a diesel em caso de falta de energia elétrica da concessionária.

Um sistema UPS é alimentado pela concessionária e utiliza essa fonte de energia para manter um ciclo de carga das baterias por meio de um conversor DC/AC. Em caso de falta de fornecimento pela concessionária, a energia armazenada nas baterias é convertida em corrente alternada por meio do inversor DC/AC para alimentar as cargas a ele conectadas por meio da chave estática AC/AC.

Vale ressaltar que embora o sistema ininterrupto de energia (UPS - Uninterruptible Power Supply) seja de suma importância para garantir alta disponibilidade e confiabilidade. Seu uso é relativamente curto, ou seja, ele é utilizado para proteger a carga de TI contra downtime enquanto o grupo motor gerador dar partida e se estabilizar.

3.12.1 UPS OFF-LINE (UPS STANDBY)

Esse sistema UPS consiste em um circuito inversor que converte a energia das baterias em tensão em corrente alternada que é conectado a uma chave de transferência responsável por comutar a carga ao inversor no caso de falha no fornecimento de energia pela concessionária. Nessa configuração o UPS suporta a carga de TI usando a energia armazenada em suas baterias. Embora esse tipo de UPS seja simples, eficiente e de baixo custo não atende aos requisitos da carga de TI em Data Centers.

3.12.2 UPS ON-LINE DE CONVERSÃO DUPLA OU UPS ESTÁTICO

Esse tipo de UPS é indicado a sistema cuja entrada esteja sujeita a flutuações ou interferências. Nesse modelo toda a energia alternada de entrada é convertida em tensão contínua pelo retificador que funciona como carregador de bateria. A tensão contínua é convertida novamente pelo conversor em tensão alternada que alimenta a carga. Na ausência da concessionária, o inversor retira tensão em corrente contínua das baterias e não do retificador. Existem modelos no mercado capaz de monitorar a entrada proveniente da concessionária e chavear o sistema para modo de economia quando a entrada permanece estável e com alta qualidade.

3.12.3 UPS ROTATIVO (FLYWHEEL)

Esse tipo de UPS emprega grupo motor gerador para diminuir a carga mecânica no eixo mecânico do motor. Ele é composto por um rotor e um gerador montados dentro de uma câmara

mantida vácuo por meio de uma bomba de vácuo. Seu eixo gira entre os magnetos, que mantêm um regime de alta rotação com muito pouco atrito em seus mancais. Os mancais são alimentados quando há tensão de entrada da concessionária e faz girar o motor. A saída de tensão é conectada ao inversor do UPS. Na ausência de energia fornecida pela concessionária o *flywheel* deixa de ser alimentado, porém o giro do motor é mantido por inércia devido à baixa tensão no eixo e pela ausência de ar na câmara que continua gerando tensão em sua saída.

3.12.4 UPS ROTATIVO HÍBRIDO

Esse tipo é composto por um *flywheel* e um banco de baterias que fornece energia para inversor do UPS para alimentar as cargas críticas durante a partida do gerador e sua conexão as cargas.

3.12.5 UPS PARALELO REDUNDANTE

Essa configuração corresponde a maneira como os módulos UPS são conectados entre si. Essa configuração fornece redundância de N+2 e tem uma classificação tier 2. Em geral, essa configuração dispõe de pelo menos um módulo adicional para suportar a carga em configurações paralelo redundante de forma que mesmo que o módulo apresente defeito possa ser substituído sem interrupção da alimentação da carga.

3.12.6 BACKUP DO FORNECIMENTO DE REDE EM CASO DE INTERRUPÇÕES CURTAS

Em caso de interrupções curtas de serviços públicos (interrupções abaixo de 3 minutos), as tecnologias UPS com pouco armazenamento são necessárias. Os mais usados em Data Centers são os UPS estáticos que usam baterias de chumbo-ácido ou baterias de lítio. Como o UPS e seu armazenamento de energia são partes importantes do custo e das perdas do equipamento de baixa tensão, há uma grande tendência de encontrar novas maneiras de melhorar o CAPEX e o OPEX (despesas de capital e despesas operacionais) dos produtos UPS. A autonomia de armazenamento de energia do UPS pode ser definida de acordo com:

- o tempo de partida e carregamento do gerador.
- requisito de TI: tempo para desligar adequadamente o equipamento de TI para não perder nenhum dado antes do apagão (desligamento de emergência).

3.12.7 BACKUP DO FORNECIMENTO DA REDE EM CASO DE LONGAS INTERRUPTÕES.

Para um backup em caso de longa interrupção, a solução mais comum é o uso de geradores standby com armazenamento de combustível associado a um PLC (controlador lógico programável) que gerencia as sequências de partida e parada e uma chave de transferência automática que permite a alternância entre concessionária e backup do gerador.

4. DESCARGAS ATMOSFERICAS E CHOQUE ELÉTRICO

4.1 DESCARGAS ATMOSFERICAS

Descargas atmosféricas são descargas elétricas de grande extensão e intensidade que ocorrem na atmosfera entre regiões eletricamente carregadas podem ser causadas por erupções vulcânicas, incêndios florestais intensos e tempestades de neve ou de poeira [8]. A descarga inicia quando o campo elétrico produzido por estas cargas excede a capacidade isolante, também conhecida como rigidez dielétrica, do ar em um dado local na atmosfera, que pode ser dentro da nuvem ou próximo ao solo. Quebrada a rigidez, tem início um rápido movimento de elétrons de uma região de cargas negativas para uma região de cargas positivas. De acordo com o INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) no Brasil são registradas cerca de 77,8 milhões de descargas elétricas por ano.

Ao atingir seres vivos, prédios, estruturas e sistemas elétricos, os raios podem gerar destruição, incêndio e, eventualmente, morte. Na perspectiva da influência das características da descarga na intensidade do efeito resultante, dois parâmetros se destacam: a energia por unidade de resistência e o valor de pico da corrente [8].

O primeiro parâmetro permite estabelecer a dimensão da energia transferida para a vítima quando esta é percorrida pela corrente de descarga. Em conjunto com o valor de pico da corrente, o parâmetro energia por unidade de resistência constitui fator determinante de morte imediata de seres vivos atingidos diretamente. As mortes por incidência direta de descarga são frequentes tanto para seres humanos quanto para animais.

O parâmetro valor de pico da corrente de descarga influencia, sobretudo, na definição do nível da sobretensão resultante em sistemas atingidos por descarga. O valor de pico de corrente é também capaz de influenciar em uma outra condição típica de risco: a elevação de potencial no solo. Na incidência de uma descarga numa estrutura aterrada ou mesmo diretamente no solo, a corrente de descarga flui para a terra, estabelecendo no solo uma elevação de potencial (GPR - grounding potential rise) em relação a pontos distantes. Fica, também, estabelecida uma distribuição de potenciais na superfície do solo, nas proximidades do ponto de injeção de corrente.

Mesmo para correntes impulsivas de curta duração como as descargas atmosféricas, tal diferença de potencial pode promover a circulação pelo corpo da vítima de correntes com intensidade capaz de gerar fibrilação ventricular e, eventualmente, morte. São raros os registros de morte de seres humanos atribuídos a descarga próxima. No entanto, é muito comum o relato da morte de gado em pastos, por ocorrências dessa natureza.

Um dos efeitos mais relevantes das descargas atmosféricas consiste nas tensões induzidas pela corrente que flui pelo canal ionizado constituído entre a nuvem e o solo durante o estabelecimento da descarga. As tensões induzidas constituem a mais importante fonte de distúrbios em sistemas elétricos e eletrônicos de média e baixa tensão. As sobretensões associadas são responsáveis pela maior parte dos desligamentos das linhas de distribuição de energia elétrica e pelos danos causados em redes elétricas e eletrônicas de nível de tensão reduzido, como as de telecomunicações. Por outro lado, as sobretensões induzidas por descargas próximas das redes de distribuição e de telecomunicações se disseminam no sistema, ao propagar-se ao longo dos seus condutores. Assim, tais redes podem atuar como agente de introdução dos correspondentes surtos atmosféricos nas unidades consumidoras alimentadas, sendo capaz de ali causar danos.

A intensidade do campo eletromagnético e da tensão induzida em corpos condutores é aproximadamente proporcional à derivada da corrente de retorno, que constitui a fonte do campo. Embora os efeitos de irradiação possam causar danos, usualmente ficam restritos à interferência eletromagnética em sistemas de baixo nível de tensão de operação, como por exemplo, os sistemas de comunicação. Nestes, tais efeitos podem constituir fonte de corrupção dos dados transmitidos.

Existem diversos tipos de descargas, classificadas em função do local onde se originam e do local onde terminam: da nuvem para o solo (nuvem-solo); do solo para a nuvem (solo-nuvem); entre duas áreas dentro da mesma nuvem (intra-nuvem); entre nuvens diferentes (nuvem-nuvem) e de uma nuvem para uma camada mais alta da atmosfera (nuvem-estratosfera).

O tipo de descarga intra-nuvem é o tipo mais comum de descarga elétrica na atmosfera. Ocorrem entre duas cargas opostas na mesma nuvem. Embora seja mais frequente que ocorram dentro dos limites físicos da nuvem, também é possível que ocorram fora desse limite, o que possibilita a observação da ramificação do raio, como nas descargas nuvem-atmosfera.

Com duração típica de 0,2 segundo, estas descargas apresentam um brilho quase contínuo, marcado por pulsos possivelmente atribuídos às descargas de retorno que ocorrem entre os bolsões de carga. A descarga começa com o movimento de cargas negativas que formam um canal precursor em direção vertical, que se desenvolve durante 10 a 20 milissegundos e atinge alguns quilômetros de comprimento. Ao chegar à parte superior da nuvem, este canal divide-se em ramos horizontais, ocorrendo, a partir de então, a transferência de elétrons da base da nuvem. Ao redor do início do canal da descarga, cargas negativas movem-se em sua direção, estendendo as ramificações na base da nuvem e aumentando o tempo de duração da descarga. Entretanto, o raio chega ao fim quando a ligação principal entre as partes inferior e superior da nuvem é quebrada. A carga total transferida numa descarga intra-nuvem é da mesma ordem que a dos raios nuvem-solo.

Já o tipo de descarga nuvem-solo ocorre quando há transferências de cargas elétricas entre a atmosfera e a terra. A maioria dessas descargas ocorre das nuvens para a terra (descargas descendentes), mas também é possível que ocorram da terra para as nuvens (descargas ascendentes). As descargas nuvem-solo, também denominados raios, são as mais estudadas devido ao seu caráter destrutivo. Elas podem ser divididas em dois tipos ou polaridades, definidas em função do sinal da carga efetiva transferida da nuvem ao solo: negativas e positivas.

Os raios negativos, cerca de 90% dos raios, transferem cargas negativas (elétrons) de uma região carregada negativamente dentro da nuvem para o solo. Os raios positivos, cerca de 10%, transferem cargas positivas de uma região carregada positivamente dentro da nuvem para o solo (na realidade, elétrons são transportados do solo para a nuvem). Os raios duram em média em torno de um quarto de segundo, embora valores variando desde um décimo de segundo a dois segundos tenham sido registrados. Durante este período, percorrem na atmosfera trajetórias com comprimentos desde alguns quilômetros até algumas dezenas de quilômetros.

A corrente elétrica, por sua vez, sofre grandes variações desde algumas centenas de ampères até centenas de quiloampères. A corrente flui em um canal com um diâmetro de uns poucos centímetros, denominado canal do relâmpago, onde a temperatura atinge valores máximos tão elevados quanto algumas dezenas de milhares de graus e a pressão valores de dezenas de atmosferas. Embora o raio possa parecer para o olho humano uma descarga contínua, ele é formado de múltiplas descargas, denominadas descargas de retorno, que se sucedem em intervalos de tempo muito curtos. Ao número destas descargas, dá-se o nome de multiplicidade do raio.

4.2 SISTEMAS DE PROTEÇÃO CONTRA EFEITOS DA DESCARGAS ATMOSFERICAS

O SPDA (Figura 25) é composto de um sistema externo e de um sistema interno de proteção. O sistema externo consiste em captores, condutores de descida e subsistema de aterramento, enquanto que o sistema interno é composto por um conjunto de dispositivos que reduzem os efeitos elétricos e magnéticos da corrente de descarga atmosférica. A captação da descarga atmosférica tem a finalidade de minimizar a probabilidade de a estrutura ser atingida diretamente por um raio e deve ter capacidade térmica e mecânica suficiente para suportar o calor gerado no ponto de impacto, bem como os esforços eletromecânicos resultantes. O subsistema de descidas visa conduzir convenientemente para a terra a corrente recebida pelo subsistema de captação. Para assegurar a dispersão da corrente de

descarga atmosférica na terra sem causar sobretensões perigosas deve-se projetar um subsistema de aterramento integrado à estrutura e aos demais aterramentos por meio de uma ligação equipotencial. A equalização de potencial constitui a medida mais eficaz para reduzir os riscos de incêndio, explosão e choques elétricos dentro do volume a proteger.

O SPDA tem por objetivo básico evitar a incidência direta de raios na estrutura protegida. Para realizar tal objetivo, além de captar a eventual descarga, o SPDA deve ser capaz de direcionar o fluxo da corrente associada diretamente para o solo, segundo percursos definidos, constituídos pelos condutores do sistema de proteção. O princípio básico do sistema de proteção consiste na definição de pontos (corpos) de destaque na estrutura, que possuem muito maior probabilidade de iniciarem a constituição de canais ascendentes quando um canal precursor de descarga se aproxima da estrutura. Tais corpos, conectados diretamente ao solo por condutores metálicos, devem também constituir caminhos de menor impedância para a corrente de descarga no percurso desta em direção ao solo, evitando o fluxo da corrente pelas partes da estrutura. Para cumprir esse objetivo, o SPDA é composto por elementos, com funções distintas: os captores e o aterramento elétrico [8].

Os captores são elementos metálicos que constituem pontos preferenciais de incidência. Os condutores de distribuição de corrente direcionam o fluxo da corrente de uma eventual descarga incidente para o aterramento. O aterramento elétrico é constituído por eletrodos metálicos enterrados no solo para a dispersão da corrente de eventual descarga para esse meio.

A captação da descarga atmosférica tem a finalidade de minimizar a probabilidade de a estrutura ser atingida diretamente por um raio e deve ter capacidade térmica e mecânica suficiente para suportar o calor gerado no ponto de impacto, bem como os esforços eletromecânicos resultantes. O subsistema de descidas visa conduzir convenientemente para a terra a corrente recebida pelo subsistema de captação. Para assegurar a dispersão da corrente de descarga atmosférica na terra sem causar sobretensões perigosas deve-se projetar um subsistema de aterramento integrado à estrutura e aos demais aterramentos por meio de uma ligação equipotencial. A equalização de potencial constitui a medida mais eficaz para reduzir os riscos de incêndio, explosão e choques elétricos dentro do volume a proteger [8].

A configuração física destes elementos depende da filosofia e tipo de sistema de proteção. Os detalhes relativos aos procedimentos para o projeto de um sistema de proteção de estruturas contra descargas podem ser encontrados na norma 5419 da ABNT, incluindo aspectos construtivos e de especificação.

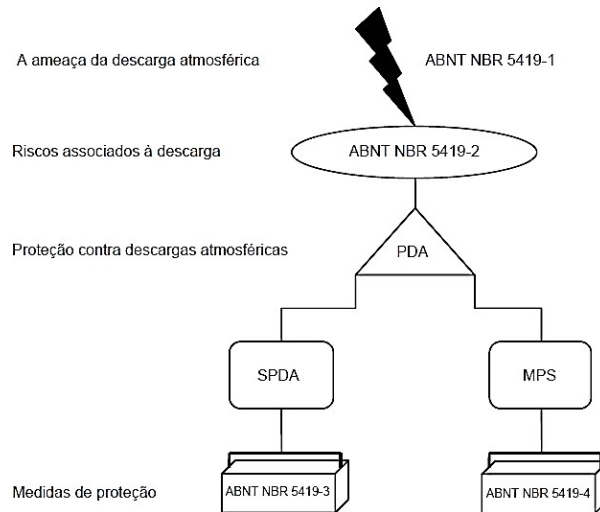


Figura 15 - Fluxo Sistema PDA. Fonte: [7].

A Figura 15, por exemplo, apresenta o fluxo de sistema PDA de forma resumida da atualização mais recente da NBR 5419. Uma novidade da atualização da norma é voltada para a proteção dos equipamentos eletroeletrônicos com a utilização de DPS, equipotencialização e arranjos de aterramentos, roteamento de circuitos elétricos e blindagem eletromagnética. Ao todo a norma é dividida em 4 partes. A primeira parte da norma, estabelece os requisitos mínimos para determinar o sistema de proteção contra descargas atmosféricas. A segunda parte aborda a análise de risco das estruturas devido descargas atmosféricas e apresenta procedimento adequado a ser utilizado para avaliar tais riscos. A terceira parte, estabelece requisitos para a proteção da estrutura contra danos físicos causados por de um SPD (Sistemas de Proteção contra Descargas Atmosféricas) e também a proteção de seres vivos contra lesões que podem ser causadas pelas tensões de toque e de passos nas proximidades do SPDA. Na quarta parte, a norma estabelece informações para projeto, manutenção, inspeção e instalação do sistemas de proteção elétricos e eletrônicos internos da estrutura (MPS – Medidas de Proteção contra Surtos), de modo que os riscos internos ocasionados por impulsos eletromagnéticos de descargas atmosféricas sejam reduzidos [10].

4.3 CHOQUES ELÉTRICOS

O choque elétrico é o efeito patofisiológico que resulta da passagem de uma corrente elétrica através do organismo humano. A passagem da corrente ocorre quando o corpo é submetido a uma diferença de potencial suficiente para romper a resistência. A resistência é a capacidade de um corpo qualquer se opor à passagem da corrente elétrica quando essa diferença de potencial é aplicada. O

choque elétrico pode decorrer do contato com um equipamento ou circuito energizado, por meio de um equipamento que armazena eletricidade e de efeitos associados a descargas atmosféricas. Quando a corrente elétrica flui através do corpo pode causar perturbações ao organismo humano. Essas perturbações podem provocar contração muscular tônica contínua, parada respiratória, fibrilação ventricular do coração, queimaduras e morte [11].

Corrente (mA)	Reações Fisiológicas habituais
500 mA 	Parada cardíaca
30 mA 	Risco fibrilação cardíaca
10 mA 	Sem efeito perigoso até 5 segundos
0,5 mA 	Pequena contração muscular
0,1 mA 	Leve formigamento

Figura 16 – Efeito fisiológico do Choque Elétrico no corpo Humano. Fonte: [11].

O que determina as consequências do choque é a intensidade da corrente elétrica. Outras condições que devem ser levadas em consideração são: tempo de duração do choque elétrico; área de contato com as partes do corpo energizadas; tensão elétrica ou potencial elétrico; estado de saúde em que a pessoa se encontra no momento; constituição física da pessoa; e frequência da corrente elétrica.

Os riscos de choques elétricos são decorrentes de diversas situações que vão desde a concepção do projeto até a falta de manutenção das instalações elétricas. Podendo citar como causas: dimensionamento de instalações elétricas mal projetadas; falta de aterramento ou aterramento deficiente ou inadequado; falta ou deficiência dos isolamentos de emendas de fios e das partes energizadas; utilização de materiais de baixa qualidade; falta de sinalização e orientação; execução de manutenções em circuitos energizados; incêndios e explosões devido a curto-circuito ou má conservação das instalações.

A Tabela 4 apresenta exemplos de alguns efeitos que ocorrem ao tecido biológico quando sofre um choque elétrico.

Tabela 4 – Efeitos Fisiológicos causados pelo choque elétrico. Fonte: [11].

Fenômenos	Efeitos
Contrações Musculares	Ao ser percorrido por uma corrente elétrica, são desenvolvidos, no músculo, potenciais eletroquímicos, que podem ocasionar a contração muscular. Dependendo da corrente, o indivíduo perde o controle muscular e não pode mais se afastar voluntariamente. Se esta contração for forte e prolongada, ela pode resultar em dores intensas e no estado de fadiga muscular, podendo ocasionar a tetanização das fibras musculares, onde, mesmo cessando o estímulo, o músculo permanece contraído.
Fibrilação e Parada Cardíaca	Quando o coração é percorrido por uma corrente elétrica de intensidade elevada, ocorre a parada cardíaca, que tem como principal característica a total inibição do coração. Porém, quando esta corrente elétrica é de intensidade menor do que a capaz de produzir parada cardíaca, ela pode provocar a despolarização de partes do músculo cardíaco, ocasionando a fibrilação cardíaca.
Queimaduras	Os efeitos térmicos provocados pelo choque elétrico no organismo humano, devem-se à passagem da corrente elétrica pelo tecido biológico, que funciona como uma resistência, fazendo com que haja liberação de energia calorífica (efeito Joule) produzindo queimaduras na parte atingida do corpo.
Eletrólise no Sangue	Ao ser submetido a um choque elétrico em corrente contínua, os minerais presentes no sangue se aglutinam, podendo provocar a mudança de concentração de alguns sais, como o íon de potássio responsável pelo funcionamento do nodo sinoatrial, ou formar coágulos, resultando na redução da circulação sanguínea.
Danos aos outros órgãos	Durante a ocorrência de um choque elétrico pode haver a liberação de toxinas, como a mioglobina, responsável pela insuficiência renal, ou então podem ocorrer o deslocamento de estruturas ou órgãos, fenômeno este conhecido por prolapso, que pode comprometer, parcial ou totalmente, o funcionamento de alguns órgãos.

4.4 PROTEÇÃO ELÉTRICA DE DATA CENTER

Acidentes elétricos ocorrem com muita frequência em ambientes com instalações que têm requisitos de uso de muita energia elétrica, uma infinidade de sistemas e componentes elétricos de alta tensão e atividades frequentes de manutenção e instalações de equipamentos. Os riscos potenciais

incluem: choque elétrico, uma liberação repentina e perigosa de energia elétrica (arco elétrico) ou uma liberação menor de energia elétrica (falha de arco).

A Administração de Segurança e Saúde Ocupacional dos EUA (OSHA - Occupational Safety and Health Administration) e a norma 70E da Associação Nacional de Proteção contra Incêndios (NFPA - National Fire Protection Association) definem requisitos de segurança e operação para evitar acidentes com choque elétrico no local de trabalho. A NFPA 70E também define condições de trabalho eletricamente seguras. Para garantir essas condições, o operador deve identificar todas as fontes de energia, interromper a carga e desconectar a energia, verificar visualmente se uma desconexão abriu o circuito, bloquear e identificar o circuito, testar a ausência de tensão e aterrar todos os condutores de energia, quando necessário.

De acordo com WPSAC (Workplace Safety Awareness Council), a maneira mais eficaz e infalível de eliminar o risco de choque elétrico é desenergizar o equipamento. Quanto mais próximo um trabalhador se aproximar de um condutor ou parte do circuito energizado maior será a chance de contato inadvertido e mais grave será a lesão que choque elétrico poderá causar a essa pessoa. A WPSAC também recomenda que somente pessoas qualificadas e utilizando o devido EPI's trabalhem com condutores elétricos e peças de circuitos que não tenham sido colocadas em condições de trabalho eletricamente seguras.

Ainda de acordo com WPSAC, quando acidentes desta natureza ocorrem, eles podem inviabilizar as operações e causar danos severos aos trabalhadores e aos equipamentos. Os custos para empresas podem incluir perda de produtividade, tempo de inatividade, multas, custos médicos, perda de negócios, danos aos equipamentos e, mais tragicamente, perda de vidas. O custo médio de hospitalização por acidentes elétricos é de US\$ 750.000, com muitos superando US\$ 1.000.000.

Os Data Centers já estão à frente de muitos setores em conformidade com muitas disposições da OSHA e NFPA 70E. Muitos acidentes elétricos são causados por poeira no ambiente, instalação inadequada de equipamentos e fatores humanos. Para manter o desempenho e a confiabilidade exigidos pelos clientes, os operadores de Data Centers adotaram uma abordagem rigorosa para limpeza, manutenção, instalação, treinamento e outras tarefas que evitem o choque. Como, por exemplo, os procedimentos de comissionamento que eliminam o risco de instalação inadequada; o teste de carga periódica de geradores de motor e sistemas UPS demonstra que a capacidade do equipamento está disponível e ajuda a identificar condições fora de tolerância que são indicativas de hardware degradado ou problemas de calibração e alinhamento; a varredura termográfica de equipamentos, quadros de distribuição e caminhos de condução pode identificar conexões soltas ou degradadas antes que atinjam um ponto crítico de falhas; a adesão a processos e procedimentos

rigorosos ajuda a evitar erros do operador; a manutenção preditiva e preventiva aumenta a confiabilidade, o que, por sua vez, melhora a disponibilidade. Esse foco do setor no rigor e confiabilidade em sistemas e práticas operacionais, reforçados pelos Tier Standards, permitirá que as equipes de Data Center adotem e cumpram rapidamente as práticas exigidas para conformidade com OSHA e NFPA 70E [7].

No entanto, vale ressaltar que nenhuma medida removerá completamente o risco de trabalhar em equipamentos energizados. Portanto, as barreiras de proteção são obrigatórias em torno de equipamentos elétricos do Data Center como: quadros de distribuição, quadros de terminais, painéis de controle industrial, centros de controle do motor e equipamentos similares quando um indivíduo trabalha em ou está nas proximidades de componentes energizados expostos. Além disso, em localidade e peça exposta que haja risco de choque elétrico a equipe que trabalha nas proximidades da área sob tensão deverá ter um plano de trabalho documentado e usar os EPIs corretos para o trabalho nos níveis de tensão e energia envolvidos. Também deve ser providenciado o treinamento apropriado para pessoa que trabalhar com condutores energizados ou peças sob tensão.

Para operadores de Data Centers, o perigo mais evidente para equipe de Data Center é o de choque elétrico, ou eletrocussão. Para receber um choque, o trabalhador precisa fisicamente tocar em uma superfície energizada, como um terminal ou um barramento, e se tornar parte do circuito elétrico. Para mitigar o risco de choque elétrico, os Data Centers atuais são quase todos construídos com quadros de terminais, disjuntores, chaves e outros dispositivos de baixa e média tensão duplamente isolados e que ajudam a prevenir a exposição do trabalhador às peças sob tensão. Isso permite que os funcionários se mantenham fora do risco de eletrocussão e sem a necessidade de desenergizar grandes partes do Data Center. Além dos potenciais ferimentos e perdas de vidas, os arcos elétricos podem também destruir equipamentos, causando paralisações e requisitando substituições e reparos de alto custo. Eles podem também atingir materiais inflamáveis próximos, resultando em incêndios secundários que podem destruir instalações inteiras [7].

4.4.1 SPDA

O SPDA tem duas funções: neutralizar a eletricidade das nuvens situadas acima das edificações, agindo de forma a prevenir a formação dos raios e oferecer uma impedância mais baixa à passagem da corrente elétrica do raio caso a nuvem tenha intensidade suficiente para criar uma descarga atmosférica.

Apesar da função principal do SPDA de proteger as edificações de descargas atmosféricas, ele não protege os equipamentos eletrônicos sensíveis dos surtos gerados pelas descargas que

circulam pelo interior da edificação, ou seja, quando uma descarga atmosférica atinge uma edificação, mesmo adequadamente protegida pelo SPDA, podem ser geradas sobretensões na rede de distribuição de energia elétrica da concessionária, nas instalações elétricas da edificação, nas redes de dados e em qualquer condutor metálico da edificação. Estas sobretensões transitórias podem causar: desconexão temporária da rede pública de energia elétrica e a redução da vida útil dos equipamentos eletrônicos sensíveis. Logo, uma proteção ideal seria envolver a estrutura a ser protegida por uma blindagem contínua perfeitamente condutora, aterrada e de espessura adequada, além de providenciar equipotenciais adequadas para as linhas elétricas e as tubulações metálicas.

Os Data Centers estão sujeitos a ameaças constantes, não só de ataques cibernéticos, mas também de fenômenos meteorológicos como as tempestades elétricas. São infraestruturas críticas que requerem proteção contra descargas atmosféricas e surtos para evitar possíveis perdas de dados e degradação de equipamentos elétricos e eletrônicos, além de evitar paralisações, interrupções e prejuízos econômico.

O relâmpago pode iniciar incêndios, destruir elementos estruturais ou eliminar sistemas críticos, como resfriamento, energia e segurança, até mesmo desligando o Data Center inteiro. Os relâmpagos podem parecer um fenômeno isolado e improvável, mas já causou sérias interrupções de serviço em empresas. As consequências resultantes foram longas interrupções de serviço, incêndios, destruição de equipamentos caros e perda de dados de clientes [12].

Prevenir quedas de energia é um desafio constante para os data Centers, exigindo atenção, investimento financeiro e análise. A proteção contra raios é crucial e custa relativamente pouco em comparação com a quantidade de danos e falhas que um único raio pode causar a funcionários, servidores e edifícios. Assim como o backup e a redundância, os sistemas de proteção contra raios e a proteção coordenada contra surtos são essenciais para a segurança cibernética e a continuidade do serviço.

A Building Industry Consulting Service International, BICSI 002, norma para o projeto e implementação de boas práticas em Data Centers classifica os centros de acordo com sua disponibilidade nas classes de F0-F4. As diferentes classes implicam uma série de requisitos de segurança contra descargas atmosféricas. Por exemplo, a necessidade de um sistema de proteção contra raios é determinada em todas as classes de acordo com a análise de risco realizada com a norma NFPA 780, que inclui um cálculo de risco semelhante ao da IEC 62305-2 para uma análise mais aprofundada. Por outro lado, a proteção preventiva através de um sistema de detecção de tempestade é opcional para as classes F0-F3, enquanto é recomendada para F3 e F4 que estão localizadas em áreas com alta incidência de tempestades elétricas [12].

Por outro lado, a Telecommunications Industry Association (TIA), que é credenciada pelo American National Standards Institute (ANSI), classifica os Data Centers em seu padrão TIA 942 em quatro níveis. O nível 1 refere-se à infraestrutura básica, sem redundância, que oferece proteção limitada contra eventos físicos. O nível 4 refere-se ao mais alto nível de segurança e proteção contra quase todos os incidentes físicos. A norma TIA 942 indica que os sistemas de proteção contra raios são obrigatórios para os níveis 3 e 4, enquanto os níveis 1 e 2 estão sujeitos à análise de risco de acordo com a norma NFPA 780 [12].

A proteção preventiva (sistema de detecção de tempestade) para Data Center além de detectar tempestades elétricas locais evitar acidentes causados por raios como choques elétricos. Além disso, esses sistemas de alerta para prevenção de riscos derivados de tempestades elétricas, além de prevenir riscos ocupacionais, permitem que sejam adotados procedimentos para desconectar os sistemas da alimentação da rede elétrica, acionando grupos geradores.

Já a proteção externa (SPDA) em infraestruturas de Data Center além de incluem o isolamento adequado dos sistemas de aterramento e condutores de descida do para-raios, evitar a geração de faíscas entre as partes metálicas da estrutura. No caso de um raio na infraestrutura do Data Center, a corrente do raio circularia para o solo através das várias partes condutoras, como reforço de concreto e outras estruturas metálicas. A probabilidade de penetração da corrente do raio no edifício é consideravelmente reduzida com um sistema de proteção contra raios externo adequado, que pode ser constituído por espigões e malhas, ou para-raios com dispositivo de ignição.

Os Data Centers são normalmente protegidos com a proteção convencional de pontos e malhas, para gerar uma gaiola de Faraday que envolve os edifícios com uma tela contínua perfeitamente condutiva e aterrada, e com ligação equipotencial das linhas de energia que entram na estrutura. Isso evita a penetração da corrente do raio e seu campo eletromagnético nas edificações, evitando efeitos térmicos e eletrodinâmicos.

A proteção contra raios do Data Center é fundamental para preservar equipe, infraestrutura, equipamentos elétricos e eletrônicos, processamento e armazenamento de dados, continuidade de serviço.

Recomenda-se que o aterramento para o sistema de proteção contra descargas atmosféricas seja integrado ao sistema de aterramento e que faça uso da infraestrutura já existente. É também altamente recomendado a utilização do SPDA do tipo estrutural por seu melhor desempenho e seu baixo custo de implantação [4].

4.4.2 DISPOSITIVOS DE PROTEÇÃO CONTRA SURTOS

As tensões transitórias são distúrbios que ocorrem em sistemas elétricos e causam um aumento súbito na tensão fornecida à rede elétrica, atingindo valores de vários milhares de volts com duração de alguns microssegundos, essa grande magnitude os torna um perigo para equipamentos eletrônicos. As tensões transitórias podem ser causadas por fatores externos (descargas atmosféricas direta e indiretamente), bem como por fatores internos (causados pela comutação de circuitos elétricos através das empresas geradoras de energia) às instalações.

Os SPDs (Dispositivos de Proteção contra Surtos) são a primeira linha de defesa que desvia a energia de um transiente para o sistema de aterramento, protegendo todos os equipamentos ativos que contenham circuitos integrados (microprocessadores, memórias, etc.), por isso o sistema de aterramento deve ser confiável e, adicionalmente, deve ser instalado o mais próximo possível dos respectivos quadros de distribuição elétrica da ligação desde a entrada do prédio até o último painel interno onde está ligada a carga crítica.

Qualquer falha na proteção de equipamentos vitais, como eletrônicos de controle, sistemas de refrigeração, geradores e transformadores, pode resultar em falta de segurança, perda de dados e continuidade de serviço. O objetivo da proteção interna contra raios é impedir que a corrente de raios entre nas linhas de energia e telecomunicações, reduzindo assim as falhas permanentes dos sistemas elétricos e eletrônicos. As medidas internas de proteção contra raios reconhecidas na norma IEC 62305-4 são a ligação equipotencial, dispositivos de proteção contra surtos e centelhadores. Além disso, para realizar as ligações entre os condutores, principalmente na ligação à terra, recomenda-se a utilização de soldagem aluminotérmica, pois as ligações moleculares garantem eficiência e durabilidade.

Na maioria dos Data Centers, ter dispositivos de proteção contra surtos é tão ou mais importante do que os sistemas externos de proteção contra raios. Surtos transitórios são introduzidos nos equipamentos elétricos e eletrônicos em Data Centers por meio de linhas de energia, telefone e televisão. Embora a comunicação de dados seja realizada principalmente por meio de cabo de fibra ótica, eliminando o risco de danos por sobretensões, ainda existem conexões vulneráveis a eles que necessitam de proteção. Dispositivos de proteção contra surtos são ativados instantaneamente em picos de surtos transitórios, conduzindo a corrente do raio para o solo. Desta forma protegem os equipamentos, mantêm a continuidade do serviço e reduzem a probabilidade de incidentes de segurança envolvendo pessoas e bens a um nível aceitável.

4.4.3 EQUIPOTENCIALIZAÇÃO

A NBR 5410 define equipotencialização como procedimento que consiste na interligação de elementos especificados, visando obter a equipotencialidade necessária para os fins desejados. A equipotencialização é um recurso usado na proteção contra choques elétricos e na proteção contra sobretensões e perturbações eletromagnéticas. Uma determinada equipotencialização pode ser satisfatória para a proteção contra choques elétricos, mas insuficiente sob o ponto de vista da proteção contra perturbações eletromagnéticas.

A equipotencialização tem por princípio reunir, direta ou indiretamente, todos os elementos metálicos existentes na edificação em um único ponto. Esse conceito é denominado equipotencialização principal. Cada edificação deve possuir uma equipotencialização principal e tantas equipotencializações suplementares quantas forem necessárias. A Figura 17 mostra como realizar a equipotencialização em função do esquema de aterramento.

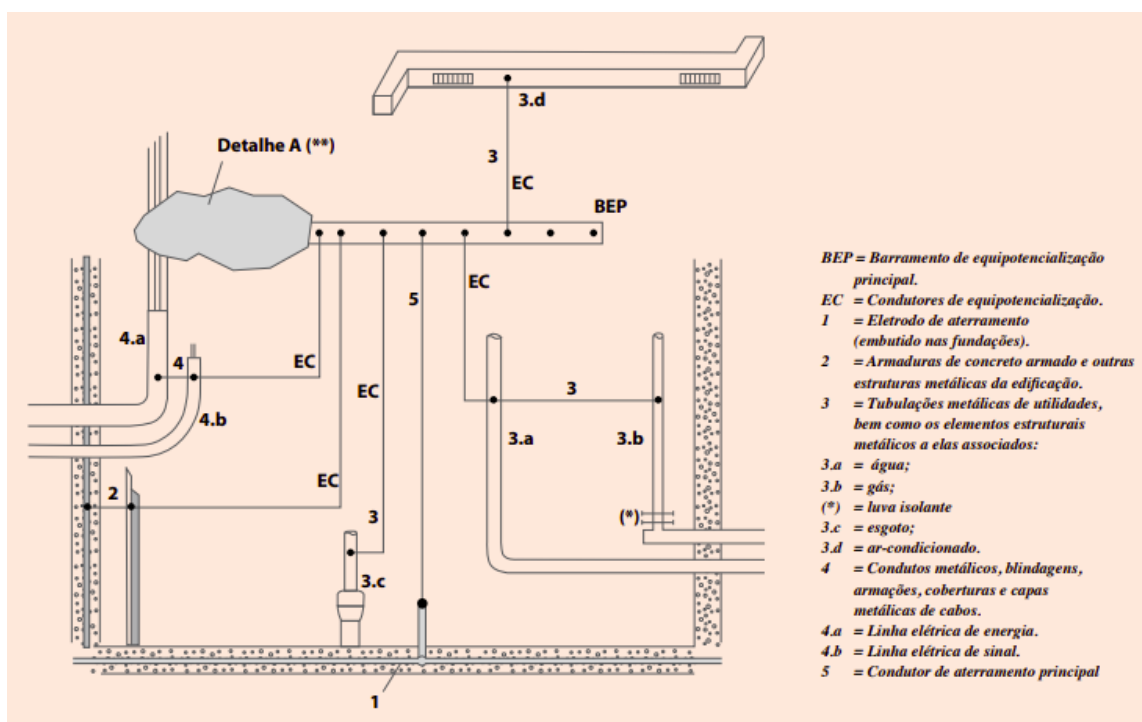


Figura 17 - Equipotencialização Principal. Fonte: [10].

A equipotencialização principal de uma instalação tem a finalidade de unir direta ou indireta as massas metálicas em um único ponto e deste ponto parte então a interligação para o eletrodo de aterramento. Esse ponto chama-se BEP – Barramento de Equipotencialização Principal. Em instalações extensas, nem sempre é possível ligar diretamente todas as massas ao BEP, sendo necessário então recorrer a barramentos mais próximos das cargas, chamados de BEL – Barramento de Equipotencialização Local ou o BES - Barramento de Equipotencialização Suplementar.

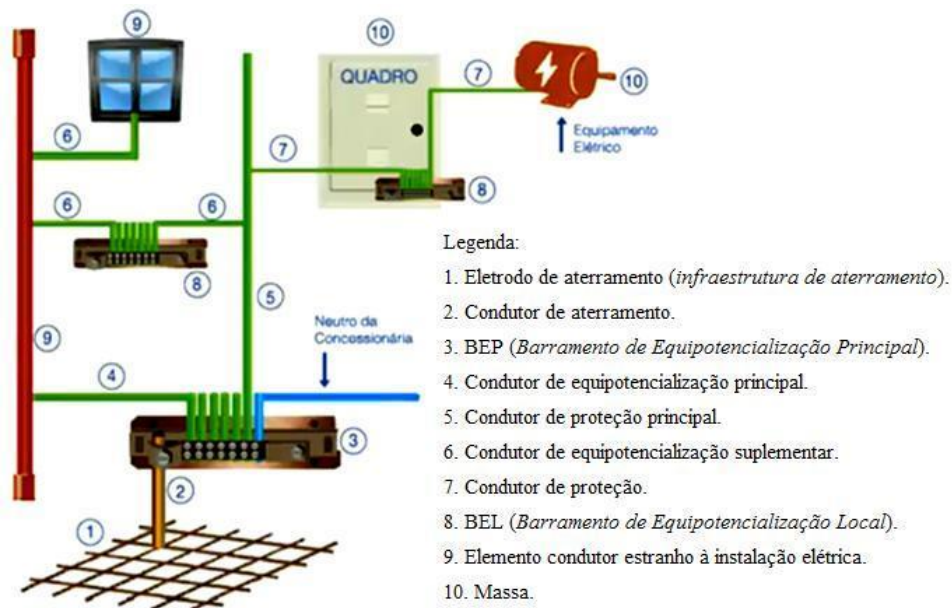


Figura 18 - Instalação do sistema de aterramento de proteção das edificações. Fonte: [10].

O BEP deve ser posicionado prioritariamente no ponto de entrada da instalação (onde os condutores das linhas externas adentrem a edificação), permitindo assim a interligação direta ou indireta (via DPS). Em alternativa e, dependendo das condições exigíveis de equipotencialização para proteção contra os efeitos diretos causados pelos raios, o BEP pode ser posicionado no quadro de distribuição principal – QDP. O BEL e o BES geralmente são posicionados em quadros de distribuição ou específicos para esses fins (Figura 19). Estas equipotencializações também a visam proteção contra choques, contra surtos e outros efeitos ligados a prevenção contra perturbações eletromagnéticas, porém de forma localizada.

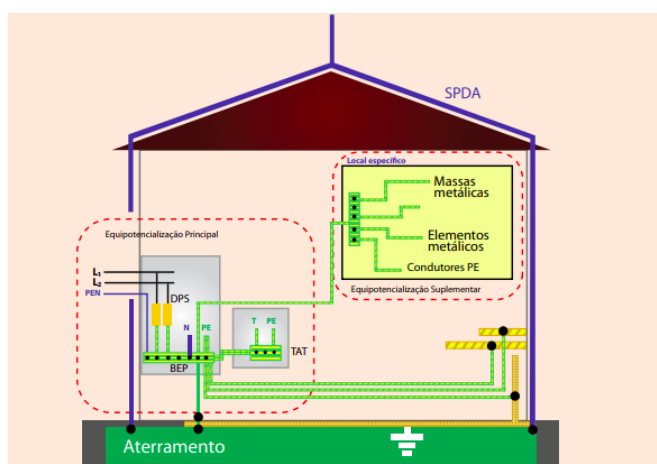


Figura 19 - Posicionamento preferencial do BEP e dos demais barramentos de equipotencialização. Fonte: [10].

Como os equipamentos elétricos são muito sensíveis, somente o aterramento no aço estrutural não é suficiente para um sistema de telecomunicações. Todo o cabeamento e a energia usados precisam ser equalizados com eficácia para evitar loops ou transientes que podem danificar o equipamento.

O aterramento para processamento de informações tem a finalidade de oferecer uma referência única (e equipotencial) de aterramento para a infraestrutura do Data Center, além de oferecer também um caminho para terra, para corrente de falta e garantir a operação adequada de supressores de surtos e sistemas de para-raios. Normalmente dentro de um Data Center costuma ter um barramento de conexão para aterramento de cargas de uso geral, um barramento de conexão para carga crítica de TI e um barramento de conexão ao sistema de aterramento da edificação. Sendo comum também a montagem de uma malha de aterramento denominada SGR – Signal Reference Grid (ou malha de referência de sinal) [2].

A malha de referência de sinal oferece uma referência de terra comum em altas frequências para todos os equipamentos dentro de terminada área. Sua função é minimizar as diferenças de tensões entre equipamentos interconectados por meio de um plano de terra equipotencial para altas frequências e baixos níveis de tensão de ruído. Além de ajudar evitar o acúmulo da carga nas placas de piso elevado que leva a eventos de descarga eletrostática que pode danificar portas de switches e outros equipamentos de rede.

O SGR, em geral, pode ser implementado com condutores de seção circular instalados em piso elevado ou fitas planas que possui impedâncias inferiores aos condutores. Todos as matérias metálicas sob a estrutura de piso elevado (eletrodutos, tubulação de água, estruturas metálicas, etc.) devem ser conectados a malha por meio de rabichos de condutores de cobre de bitola de 13 mm² para que a Signal Reference Grid possa minimizar os ruídos de alta frequência adequadamente [2].

A malha de referência de sinal deve ser conectada a cada equipamento de TI, aos equipamentos elétricos e CRACs instalados sobre a malha, visto que, ela não apresenta qualquer tipo de conflito com demais sistema de aterramento do edifício.

4.4.4 ATERRAMENTO

O aterramento, que é tratado em 6.4.1 na NBR 5410, tem como função principal garantir a segurança das pessoas em relação às tensões de passo e toque, além do correto funcionamento das instalações elétricas e dos equipamentos por elas servidos. Um sistema de aterramento é o conjunto de todos os eletrodos, barramentos, massas e elementos condutores estranhos à instalação elétrica

interligados direta ou indiretamente entre si por meio dos condutores de aterramento, de proteção e de equipotencialização. Sua função é fornecer uma conexão à terra para correntes de fuga e evitar tensões perigosas surjam nos metálicos expostos; evitar que correntes de loop de terra fluam entre equipamentos devido a diferença de potenciais da terra; auxiliar na rejeição de interferência eletromagnética proveniente de fora da instalação, e garantir o potencial de referência “zero” nos sistemas digitais.

O aterramento e a equipotencialização são partes fundamentais para garantir o funcionamento adequado dos sistemas de proteção contra choques elétricos, sobretensões, descargas atmosféricas, descargas eletrostáticas, além de ajudar a garantir o funcionamento adequado dos equipamentos de tecnologia de informação (computadores, centrais telefônicas, modems, controladores lógicos, etc.).

Por isso, o aterramento precisa fornecer rotas de baixa impedância para a terra para que o ruído de alta frequência possa escapar para a terra dos filtros da fonte de alimentação do servidor. O próprio sistema de aterramento, incluindo racks de equipamentos aterrados, aumenta o efeito gaiola de Faraday da estrutura geral para impedir a entrada de interferência de radiofrequência (RFI) indesejada. Quando for necessária uma ligação equipotencial suplementar, ela deve conectar as partes condutoras expostas do equipamento nos circuitos em questão e as partes condutoras estranhas. Os armários, armações e racks e seus conteúdos, equipamentos de telecomunicações ou cabeamento metálico de telecomunicações devem ser colados de acordo com a BS EN 50310.

Para cabeamento de alimentação elétrica instalado dentro de edifícios e operando em tensões nominais entre 50 V CA e 600 V CA (120 V CC a 900 V CC à terra), o cabeamento de telecomunicações e o cabeamento de fornecimento de eletricidade devem ser separados por uma distância não inferior a 50 mm; ou uma partição conforme especificada na BS 7671 na seção 528. Os cabos de alimentação elétrica devem ser colocados em um conduíte ou calha separada que, se metálica, deverá ser aterrada de acordo com BS 7671. Além disso, devem ser flexíveis com isolamento duplo (que fornecem alimentação de rede de 240 V para equipamentos de telecomunicações em gabinetes), blindados e ter isolamento mineral.

Para fins de segurança, as redes de aterramento devem atender aos regulamentos nacionais ou locais para aterramento de proteção. Uma malha local exige que todas as partes metálicas em uma área restrita dentro de um edifício sejam ligadas para fornecer uma rede de aterramento eletricamente contínua com baixa impedância. As conexões de ligação equipotencial entre a rede de aterramento e todos os gabinetes contendo, ou destinados a conter, equipamentos de tecnologia da informação ou cabos metálicos de tecnologia da informação devem estar de acordo com a regulamentação nacional ou local baseada no HD 60364.

Além dos requisitos de segurança, os itens condutores dentro de um gabinete (portas, painéis, prateleiras e organizadores de cabos) devem ser aterrados para reduzir a interferência eletromagnética irradiada do gabinete ou rack.

A grade de aterramento da estrutura deve ser instalada com um tamanho máximo de célula de 1,5 m em cada direção horizontal. Para um piso projetado para fornecer desempenho de blindagem, a manutenção periódica é recomendada para garantir que seu desempenho de projeto seja mantido após mudanças no ambiente de operação (exemplo, níveis de poluição, corrosão, umidade, etc.).

Para um piso projetado para fornecer proteção contra descarga eletrostática, recomenda-se a manutenção periódica com limpeza adequada, utilizando produtos químicos selecionados (sem cera) para garantir as medições de resistência DC.

O Padrão TIA 607 Generic Telecommunications Bonding and Grounding recomenda que os gabinetes metálicos, incluindo gabinetes e racks de telecomunicações, devem ser ligados à malha BN, TGB ou TMGB usando um condutor de tamanho mínimo de N° 6 AWG. Gabinetes e racks em salas de computadores não devem ser ligados em série; cada um deve ter seu próprio condutor de ligação dedicado à malha BN, TGB ou TMGB. Equipamentos contendo partes metálicas em armários e racks devem ser ligados ao sistema de aterramento de telecomunicações de acordo com as instruções do fabricante. Onde as instruções não são fornecidas, todos os jumpers de ligação que aterram o equipamento instalado devem ser um condutor de tamanho mínimo de N° 12 AWG. Barramentos de aterramento de rack são recomendados para gabinetes e racks que precisam suportar condutores de ligação de várias unidades.

A EN 50310 descreve os Planos de Potencial de Referência de Sinal como o método ideal de aterramento da sala de computadores. Na prática são aterramentos formados por malhas horizontais ou verticais. A largura da malha é adaptada à faixa de frequência a ser considerada. Malhas horizontais e verticais podem ser interconectadas para formar uma estrutura de grade que se aproxima de uma gaiola de Faraday.

4.5 COMPATIBILIDADE ELETROMAGNÉTICA

A interferência eletromagnética (EMI – Electromagnetic Interference) é a interferência ou ruído gerado dentro de sistemas eletroeletrônicos como resultando das características inerentes aos elementos deste sistema, ou seja, está relacionada a emissão que pode interferir ou afetar outros elementos do sistema [5].

Enquanto que a compatibilidade eletromagnética (EMC – Electromagnetic Compatibility) é a habilidade de um equipamento eletroeletrônico operar adequadamente junto com outros equipamentos de mesma natureza dentro do mesmo ambiente. A compatibilidade eletromagnética está relacionada à imunidade a interferência eletromagnética dentro de certos limites.

A técnica empregada para reduzir ou prevenir o acoplamento de sinais indesejados em um dado sistema par que ele opere de forma adequada em seu ambiente é a blindagem eletromagnética. A blindagem pode ser usada para minimizar o nível de emissão de interferências de um sistema em seu ambiente de operação, ou seja, reduzir interferência em baixas e altas frequências. Em baixas frequências os pares traçados absorvem maior parte dos efeitos de interferência eletromagnética. Já em altas frequências a blindagem do cabo absorve as ondas eletromagnéticas [6].

4.6 ELETRICIDADE ESTÁTICA EM DATA CENTER

Outro mecanismo de falha oculto dentro do data Center é a eletricidade estática decorrente do acúmulo de estática nas pessoas devido ao deslocar pela sala de computadores e depois tocá-los, pela umidade; pelo acúmulo de estática dentro do equipamento proveniente de fontes de alimentação e pelo acúmulo de estática em cabos desconectados causado pelo ar de baixa umidade soprado. Para minimizar problema como este a norma EN-50310 - Redes de ligação de telecomunicações para edifícios e outras estruturas recomenda a utilização de pisos antiestático levemente condutor para permitir que a eletricidade estática esorra. O piso deverá ser conectado ao sistema de aterramento que deve está efetivamente conectado ao aterramento do edifício principal.

A norma também exige que todos os pedestais de piso sejam conectados de volta a um ponto de aterramento com um condutor de cobre de 10 mm². A norma americana TIA 607-B Generic Telecommunications Bonding and Grounding recomenda a conexão dos pedestais do piso a um ponto de aterramento com fio 6 AWG. Sendo que o próprio piso pode ser composto por alumínio maciço, carpetes condutivos e borracha maciça ou epóxi. Também pode ser utilizado PVC/laminado condutor. Se tratando de condutividade eletrostática, os elementos do Data Center devem estar em conformidade com EN 1081, EN 1815 e HD 384.6.61.

Testes realizados indicam que a resistência máxima do sistema de piso seja 2×10^{10} ohms medida entre a superfície do piso e o edifício ou da referência de aterramento. Por segurança o piso deve ser revestido e deve fornecer uma resistência de superior a 150 Kiloohms quando medidos entre quaisquer dois pontos no espaço do piso separados por 1 m. A umidade relativa do ambiente deve fica dentro dos limites operacionais que fica entre 35% e 60%.

No entanto, manter um controle rígido de umidade pode consumir muita energia. Manter dentro de uma faixa de 45 a 55% pode consumir duas vezes mais energia do que manter uma faixa de 40 a 60% de umidade relativa. Os padrões estão sempre procurando ampliar os envelopes ambientais para reduzir os custos de energia. Apesar disso, a Sociedade Americana de Engenheiros de Aquecimento, Refrigeração e Ar Condicionado recomenda que os níveis de umidades sejam mantidos 40 e 55%, uma vez que a baixa umidade causa problemas de acúmulos de estática.

Outro problema relacionado a umidade do ambiente é o efeito do ar muito seco soprando sobre os cabos. Um cabo é essencialmente um capacitor longo e com o ar seco soprando sobre a superfície por longos períodos de tempo, ele começará a se carregar. A carga estática permanecerá lá até que esse cabo seja conecte. Ao ser conectado a carga na bainha do cabo será descarregada através do equipamento. Também recomenda descarregar os cabos em uma superfície aterrada antes de colocá-los em contato com o equipamento LAN ou manter os cabos permanentemente aterrado.

O impacto da umidade do ar e o mecanismo da descarga são fatores poucos compreendidos por muitos operadores do Data Center. Quanto mais seco o ar, maior o risco de descarga eletrostática. A principal preocupação com a diminuição da umidade é que a intensidade das descargas de eletricidade estática aumenta. Essas descargas de maior tensão tendem a ter um impacto mais severo no funcionamento dos dispositivos eletrônicos, causando condições de erro que exigem chamadas de serviço e danos físicos. Quando um caminho de descarga é oferecido, como uma atividade de manutenção, o choque elétrico dessa magnitude pode danificar componentes eletrônicos sensíveis. Se o nível de umidade for reduzido demais, os materiais dissipadores de estática podem perder sua capacidade de dissipar carga e se tornarem isolantes.

Além da descarga eletrostática, baixos níveis de umidade podem resultar na secagem dos lubrificantes, o que pode afetar negativamente alguns componentes, tais como, motores, unidades de disco e unidades de fita. Outra preocupação para unidades de fita com baixo teor de umidade é a tendência crescente de coletar detritos na fita, ao redor do cabeçote e no mecanismo de transporte da fita devido ao acúmulo de estática.

A descarga estática e a formação de poeira em data Centers podem ser extremamente desastrosas, pois pode ocasionar o aumento da temperatura que pode levar ao superaquecimento e inflamabilidade, corrupção de dados, travamento do sistema. O acúmulo e a descarga estática podem ser minimizados mantendo a umidade relativa da sala dentro dos limites operacionais do sistema, normalmente acima de 40% de umidade relativa ou mais.

4.7 PROTEÇÃO EFETIVA DE DATA CENTER

Um sistema de aterramento e ligação de telecomunicações (Figura 20) começa com uma conexão física ao sistema de eletrodo de aterramento do prédio e se estende a todas as salas de telecomunicações (TR) do prédio. O sistema começa na entrada de serviço elétrico, viaja para o TMGB e continua através de cada TGB localizado em armários de telecomunicações individuais em cada andar da estrutura do edifício, finalmente retornando ao TMGB original.

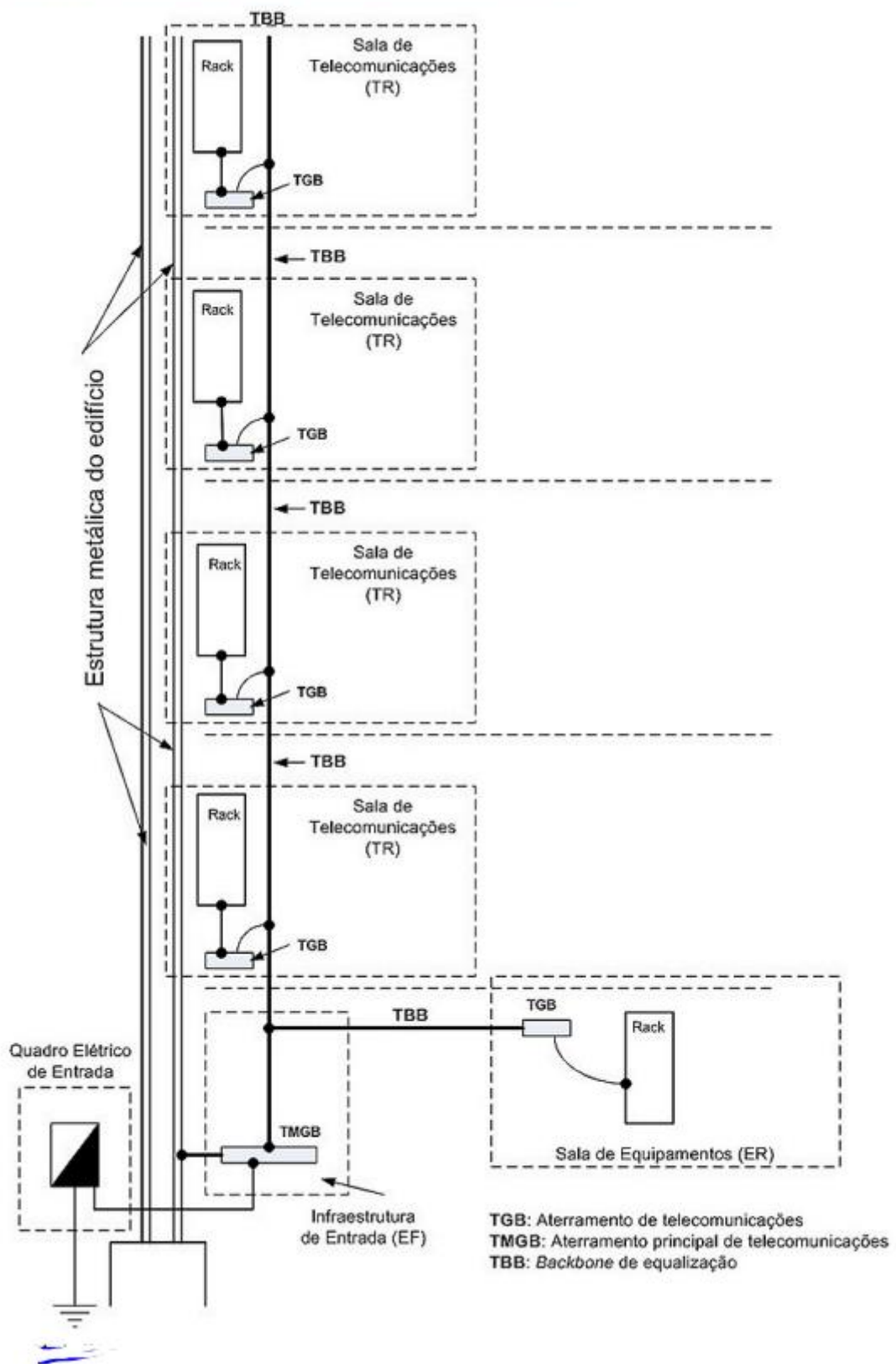


Figura 20 - Componentes do sistema de aterramento de telecomunicações. Fonte: [3].

Um sistema de aterramento de telecomunicações, conforme definido pelo padrão ANSI / TIA / EIA-607, contém os seguintes componentes: condutor de ligação de telecomunicações, barramento de aterramento principal de telecomunicações, backbone de ligação de telecomunicações, barramento de aterramento de telecomunicações e condutor de ligação de interconexão de backbone de ligação de telecomunicações.

4.7.1 INSTALAÇÃO DE ENTRADA DE TELECOMUNICAÇÕES

O Telecommunications Entrance Facility (TEF) inclui o ponto de entrada do serviço de telecomunicações e também o espaço de junção das infraestruturas de backbone inter e intra-edifícios. As entradas de antenas e equipamentos eletrônicos relacionados à telecomunicação podem estar localizadas no TEF.

4.7.2 BONDING CONDUCTOR FOR TELECOMMUNICATIONS

Este condutor é usado para ligar o TMGB ao aterramento do equipamento do servidor que, por sua vez, é conectado ao condutor do eletrodo aterramento.

O padrão ANSI / TIA / EIA-607 exige que todos os condutores de ligação da telecomunicação sejam listados para a finalidade pretendida e aprovados por um laboratório de testes reconhecido nacionalmente, como UL ou ETL.

Os condutores de ligação devem ser sempre fios isolados e feitos de cobre. Outros tipos de metal não são suportados para uso sob o padrão atual. O tamanho mínimo de todos os condutores de ligação deve ser de pelo menos um fio N° 6 AWG.

A norma proíbe a colocação de condutores de ligação em um conduíte metálico feito de ferro. Se o condutor de ligação tiver que ser colocado em um conduíte de ferro com mais de um metro de comprimento, ele deverá ser ligado em cada extremidade do conduíte. Os fios usados para isso devem ser pelo menos um fio N° 6 AWG.

4.7.3 TBB – TELECOMMUNICATIONS BONDING BACKBONE

São condutores de cobre usado para conectar o barramento de aterramento principal de telecomunicações ao barramento de aterramento de telecomunicações localizado no piso mais distante. A função deste barramento é interconectar todos os TGBs aos TMGB. Este segmento começa no barramento principal de aterramento de telecomunicações do edifício (onde fica instalado os eletrodos de aterramento de telecomunicações) e se estende ao longo do edifício. Cada barramento

de aterramento de telecomunicações (TGB) deve ser conectado ao TBB em cada espaço de telecomunicação do edifício. A bitola do condutor do TBB do edifício deve ser dimensionada de acordo com comprimento do backbone de equipotencialização de aterramento de telecomunicações (TBB). A principal função do TBB é reduzir ou equalizar as diferenças entre os sistemas de telecomunicações vinculados a ele.

O TBB não deve ser o único condutor que fornece um caminho de retorno de corrente de falta à terra. Começando no TMGB, o TBB percorre todo o edifício por meio de caminhos de backbone de telecomunicações. Ele conecta os TGBs em todos os armários de telecomunicações e salas de equipamentos do edifício. Vários TBBs podem ser necessários, dependendo do tamanho da estrutura e do número de TGBs no edifício. Tubos de água ou blindagem de cabo metálico não devem ser usados como backbone de ligação de telecomunicações.

4.7.4 TBBIBC - TELECOMMUNICATIONS BONDING BACKBONE INTERCONNECTING BONDING CONDUCTOR

São os condutores utilizado para interconectar backbones de link de telecomunicações. Ou seja, o TBBIBC (Figura 21) é o condutor que interconecta TBBs.

O padrão ANSI / TIA / EIA-607 exige que, quando dois ou mais TBBs são instalados verticalmente no caminho do backbone interno, os TBBs devem ser unidos. O Telecommunications Bonding Backbone Interconnecting Bonding Conductor (TBBIBC) é o componente usado para esta função. O TBBIBC deve ser instalado no último andar e, no mínimo, a cada três andares. O tamanho mínimo do TBBIBC não deve ser menor que o tamanho do condutor TBB.

O TBBIBC também é utilizado para unir dois ou mais TGBs instalados no mesmo TR. O TBBIBC também é usado para unir os TGBs instalados em diferentes TRs que residem no mesmo andar do prédio. Essa conexão seguiria os mesmos requisitos da ligação de vários TBBs no último andar e, no mínimo, a cada três andares.

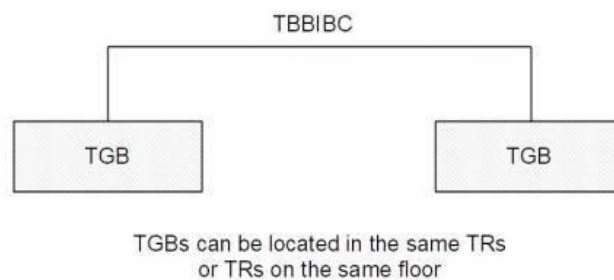


Figura 21 - Telecommunications Bonding Backbone Interconnecting Bonding Conductor.

Portanto, um sistema de telecomunicações aterrado eficaz é alcançado por meio de um sistema contínuo no qual cada TGB é interconectado em um loop que começa e termina com o TMGB. Um sistema bem projetado é essencial para proteger o equipamento e o pessoal contra danos.

4.7.5 TMGB – TELECOMMUNICATIONS MAIN GROUNDING BUSBAR

Consiste em um barramento ligado a um servidor aterrado pelo condutor de link para telecomunicações. O TMGB deve ser colocado em um local conveniente e acessível. Ele é o barramento principal do sistema de aterramento de telecomunicações do edifício e serve como uma extensão do eletrodo de aterramento do sistema de aterramento de telecomunicações do edifício. Também atua como o ponto de conexão central para TBBs e equipamentos. Deve haver apenas um TMGB (Figura 22) por edifício, normalmente localizado nas proximidades do sistema de aterramento elétrico do edifício ou na infraestrutura de entrada do edifício.

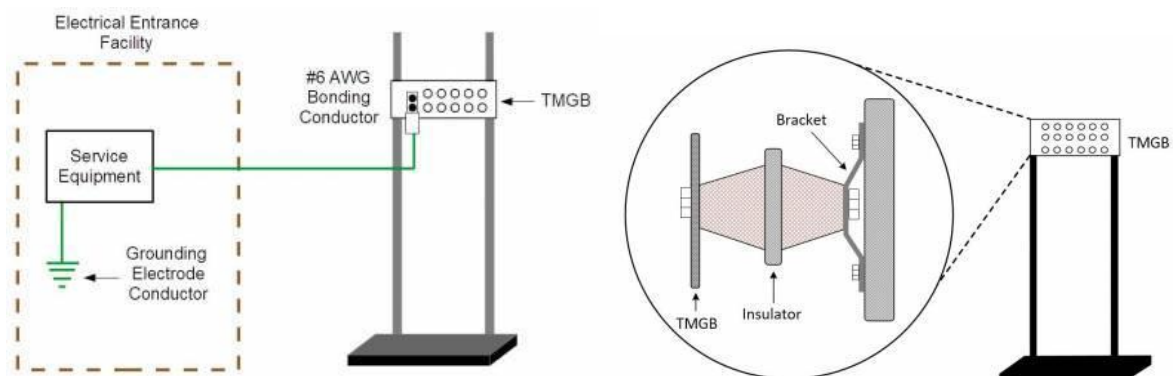


Figura 22 - Barramento de aterramento principal da telecomunicação (TMGB).

O TMGB é a extensão dedicada do sistema de eletrodo de aterramento do edifício para a infraestrutura de telecomunicações. Por ser o ponto de conexão central para TBBs e equipamentos, o TMGB deve fornecer acesso fácil para o pessoal de telecomunicações.

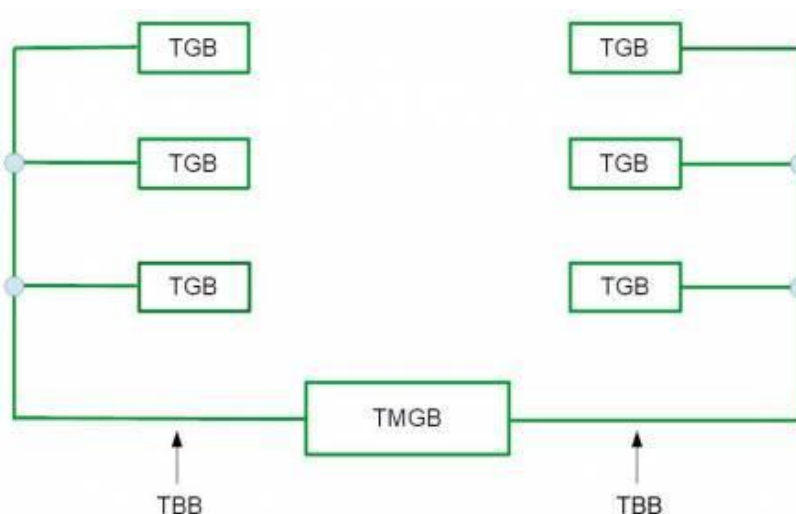
O TMGB é um barramento de cobre pré-perfurado com tamanho e espaçamento padrão NEMA de orifício para a conexão de terminal específica que será usada. Deve ser grande o suficiente para satisfazer os aplicativos atual e acomodar o crescimento futuro. É necessário um mínimo de 6 mm de espessura e 100 mm de largura. Muitas variedades de barras de aterramento estão disponíveis e algumas vêm como um kit e podem ser personalizadas para atender aos requisitos específicos da aplicação. Os rabichos CADWELD pré-soldados estão disponíveis em uma variedade de tamanhos e comprimentos de condutores, isolados ou nus, prontos para serem fixados ao terreno do edifício.

Para resistência reduzida, é preferível o revestimento eletrotérmico. No entanto, se não for banhado, as superfícies de contato devem ser completamente limpas. Onde os painéis de telecomunicações estiverem localizados com o TMGB, eles devem ter o barramento de aterramento do equipamento de corrente alternada (ou um invólucro metálico) ligado ao TMGB / TGB. Todas as folgas apropriadas devem ser mantidas enquanto os TMGBs são localizados o mais próximo possível dos painéis.

As conexões ao TMGB ou terminais devem ser soldas exotérmicas. Soldas exotérmicas fornecem uma conexão que ajuda a garantir a integridade de longo prazo do sistema de aterramento.

4.7.6 TGB - TELECOMMUNICATIONS GROUNDING BUSBAR

É o barramento de aterramento de telecomunicações que deve estar presente em todos os espaços de telecomunicações ao longo do edifício para conectar o cabeamento estruturado ao seu sistema de aterramento. Deve haver um TGB (Figura 23) em cada sala de comunicação e na sala de equipamentos. TGBs devem ser conectados ao TMGB por meio do TBB. Fisicamente o TGB é semelhante ao TMGB, porém com dimensões diferentes.



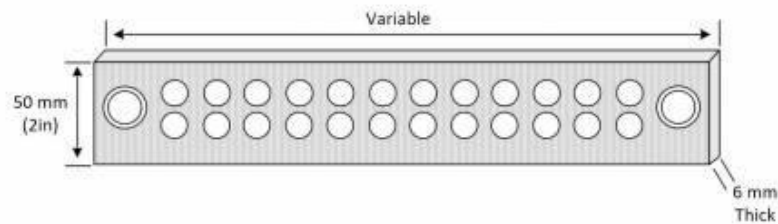


Figura 23 - Barramento de aterramento de telecomunicações.

Um TGB é um barramento de cobre pré-perfurado com dimensionamento de orifício de parafuso NEMA padrão e sistemas e equipamentos conectados centralmente servidos por um armário de telecomunicações. Deve ter pelo menos 6 mm de espessura por 50 mm de largura. Assim como o TMGB, o TGB deve ser eletrotinizado ou limpo antes de conectar os condutores ao barramento. O condutor de ligação entre o TBB e o TGB deve ser contínuo e percorrer o caminho mais direto possível.

Frequentemente, o TGB é instalado na lateral do painel. Quando o aço estrutural do edifício é efetivamente aterrado, cada TGB deve ser ligado ao aço dentro da mesma sala com um condutor N° 6 AWG. Sempre utilizando a distância mais curta possível até o sistema de aterramento.

5. ANÁLISE DE UM DATA CENTER NO DISTRITO FEDERAL

O estudo de caso sobre o Data Center foi desenvolvido em umas unidades de gestão técnica do governo do Distrito Federal. Essa unidade dispõe de um ambiente tecnológico composto por soluções integradas de hardware e software, para hospedagem de sistemas, que contempla processamento e armazenamento de dados em larga escala, na modalidade em nuvem, para todos os órgãos e entidades da administração direta e indireta do Distrito Federal. Entre suas competências regimentais estão propor, desenvolver e implantar soluções e serviços que modernizem a gestão da informação e facilitem a integração dos sistemas de informação; desenvolver, monitorar e avaliar projetos voltados à melhoria e à funcionalidade dos sistemas corporativos estruturantes do GDF; implementar e gerir programas que envolvam planejamento corporativo de TIC, relacionados à sua área de competência e apoiar o desenvolvimento de projetos de TIC corporativa voltados às melhores práticas de gestão de tecnologia da informação, inovação institucional, racionalização dos processos de trabalho e automatização de serviços públicos [13].

5.1 ESTRUTURA DO AMBIENTE

O Data Center visitado dispõe de uma área física de 260² com capacidade de armazenamento de 2,5 *petabytes* e tem como principal objetivo de concentrar todo o processamento e proporcionar mais agilidade, segurança da informação e redução de custo ao Estado. Este Data Center funciona ininterruptamente, com monitoramento eletrônico e controle de acesso, geradores próprios de energia e subsistemas com redundância.

Para garantir seu pleno funcionamento Data Center dispõe de subsistemas de energia, fontes de alimentação ininterruptas (UPS), ventilação, sistemas de resfriamento, supressão de incêndio, geradores de backup e conexões com redes externas. Esses subsistemas juntos fornecem:

- **Serviços de Infraestrutura de Rede:** Conecta servidores (físicos e virtualizados), serviços de Data Center, armazenamento e conectividade externa aos locais dos usuários finais.
- **Serviços de Infraestrutura de armazenamento:** Os sistemas de armazenamento são utilizados para armazenar as informações que agregue valor às tomadas de decisão de forma que apenas pessoas envolvidas tenham acesso sem restrições de tempo e de localização geográfica.
- **Recursos de computação:** São servidores que fornecem aos sistemas corporativos e de terceiros o processamento, a memória, o armazenamento e a conectividade de rede que precisam para funcionar adequadamente.

Os componentes do subsistema responsável por manter a continuidade do fornecimento de energia essencial a carga de TI, são:

- **Entrada de Energia Elétrica** – Composta por dois transformadores de 500 kVA manipulados por disjuntores Beghim com extinção de arco elétrico a óleo.
- **Painel de Transferência Automática.**
- **Grupo Motor Gerador** – Constituído de geradores com capacidade de 50 minutos de autonomia em caso de interrupção de energia.
- **Painel de Distribuição Geral** - Composta por chaves de transferências automáticas APC para rack de 220V com 16 A.
- **UPS** - Sistema híbrido N+1 ligado em paralelo com tensão de entrada trifásico que operam com capacidade de 33% sendo 2 módulos espelhados.
- **Bateria de UPS.**
- **PDU** - Unidade de distribuição com monitoramento em tempo real das cargas que alertam sobrecargas do circuito antes de ocorrer falhas críticas de TI.
- **Carga de TI.**

5.2 ANÁLISE DOS DADOS

5.2.1 SISTEMA ELÉTRICO

Como já abordado um dos maiores desafios de Data Centers é garantir a eficiência dos elementos construtivos e de instalação de forma a proporcionar um reduzido consumo de energia. No ambiente analisado a entrada de serviços da concessionária é um sistema trifásico com duas entradas independentes só que provida pela mesma fornecedora, porém com subestações diferentes. São dois transformadores de 500 kVA, manipulados por disjuntores Beghim com extinção de arco elétrico a óleo.

Apesar de toda instalação que envolve o Data Center ter sido modernizada com cabeamentos elétricos selecionados para a carga a ser suportada, o maior problema reside com relação a Subestação de Energia. Os equipamentos têm a mesma idade do edifício, cerca de 40 anos e nunca passaram por um *retrofit* ou qualquer outro tipo de modernização. Sendo assim, as subestações de energia são um ponto único de gargalo que merece bastante atenção, visto que a qualquer momento todo o prédio pode ficar sem luz.

O edifício tem sistema SPDA instalado desde aproximadamente 1977 época em que foi construído, mas como prédio não tem habite-se o sistema foi implantado sem aprovação do corpo de

bombeiro, sendo na época a aprovação dada pelo GDF. Até presente momento o sistema nunca foi vistoriado pelo CBMDF. Embora o edifício tenha o SPDA, ele não está em funcionamento. E mesmo que tivesse em funcionamento, o SPDA por si só não seria suficiente para proteger os equipamentos eletrônicos e apresentaria bastante instabilidade, principalmente no fornecimento de energia. Outro elemento importante que prédio também não dispõe é o dispositivo de proteção contra surtos adequados aos parâmetros específicos para cada equipamento. Além disso, o edifício está sem o devido aterramento (por exemplos, o sistema está sem as descidas e os captos, e as hastes de aterramento estão enferrujada) o que pode implicar em queima de equipamentos, danos a edificação e choques elétricos.

Por ser um ambiente sensível às perturbações e que sofrer interferência de diferentes fontes de perturbação eletromagnética que pode afetar a sua operação, o aconselhável pela norma seria o ambiente ter um sistema de para-raios, eletrodo de aterramento, sistemas de equipotencialização e dispositivos de proteção contra surtos elétricos para protege o prédio contra a descargas atmosféricas plenamente funcional, uma vez que as descargas elétricas seria atraída pela haste de metal seguramente para o solo através de um cabo de baixa resistência. O uso conjunto desses elementos serviria para atenuar ou anular os efeitos destrutivos e de interferência provocadas pelas sobretensões induzidas, pelos surtos na rede e pelas descargas atmosféricas.

Entre os principais problemas apresentado pelo sistema distribuição de energia elétrica observado no decorrer da visita no ambiente foram:

- corrosão no sistema de aterramento relacionados principalmente à acidez e composição do solo, que acaba por causar sobretensão no sistema resulta em prejuízos econômicos com despesas não previstas decorrentes de reposições de peças e estruturas, reparos com manutenção e paradas de processo. Outro problema recorrente é a ferrugem que acaba por comprometer a resistência do material e inviabiliza a sua recuperação.
- fuga de corrente causada pela degradação dos equipamentos elétricos decorrente de fios desencapados, isolamento ressecadas e expostas a agentes corrosivos.
- sobrecarga no sistema causado pelo aumento de carga sem redimensionamento comum em instalações antigas resultando em excesso de queda de tensão e danos aos cabos de isolamento, uma das principais causas de incêndios de origem elétrica. O que é um fator preocupante, visto que, o sistema contra incêndio da edificação não está em funcionamento, pois está sem a devida pressurização.

Atualmente a subestação de energia está trocando os transformadores, mas essa troca não contempla os demais componentes que vai do quadro de distribuições até as fontes de alimentações.

Porém a obra não tem nenhuma fiscalização ficando a parte interessada à mercê da boa-fé da contratada.

A escolha do grupo motor-gerador depende dos diferentes tipos de projetos, ou seja, deve ser dimensionado para prover energia ao Data Center quando a interrupção da energia da concessionária e também deve prover energia para o UPS, climatização e iluminação. De acordo com o Anexo F da ABNT NBR 14565, os geradores por serem motores a diesel devem ser instalados em locais arejados (podendo ser instalados em locais fechados ou containers devidamente ventilados) e ter catalizadores em seus escapamentos para reduzir a emissão de gases tóxicos. A norma ainda recomenda que sejam instalados com amortecedores para reduzir a vibração mecânica quando em operação e permitam acesso em 360° para serviços de manutenção. Além disso, devem ser instalados em espaços com acesso controlado e vigilância por câmeras de circuito fechado de TV em tempo integral.

No ambiente analisado são motores a diesel instalados em configuração paralelo redundante com capacidade de 50 minutos de autonomia em caso de interrupção de energia. Foram conectados em paralelo de forma a cobrir a falha um do outro. Esse modo típico de configuração garantir níveis de redundância de componentes N+1, N+2, etc. Com partida automática em caso de falha da distribuidora de energia funcionando como backup de energia ao fluir a energia elétrica para as cargas.

As cargas de TI são sensíveis a qualquer variação de energia, logo qualquer interrupção pode ocasionar parada de operação resultando em perdas de dados e danos econômicos incalculáveis para não sofrer interrupções precisam ser alimentadas pelos UPSs.

No ambiente analisado a energia elétrica proveniente da concessionária alimenta o retificador que converte a energia trifásica em corrente contínua (DC), alimentando os bancos de baterias e mantendo o ciclo de carga. O processo de transformar corrente contínua (DC) em corrente alternada (AC) é feito pelo inversor que conduz para filtro que alimenta a carga de TI conectado a ele. Somente em caso de falha no fornecimento de energia da concessionária que os bancos de baterias fornecem energia para as cargas de TI por tempo determinado.

O UPS na unidade visita é um sistema híbrido N+1 ligado em paralelo que operam com capacidade de 33% sendo 2 módulos espelhados. Ele contém 40 baterias com uma tensão total de 480 Volts, a mesma da UPS. Os bancos de baterias suprirão a energia elétrica do Data Center até o gerador dar a partida e se estabilizar. A bateria é elemento essencial que garantirá autonomia necessária para que em momentos críticos de falta de energia o sistema possa manter sua integridade e a continuidade de suas operações. Caso a integridade da bateria esteja comprometida pequenas faltas de energia pode gerar desligamento do sistema. É importante ressaltar que temperatura superior a 30°C pode provocar

desgaste precoce das baterias sendo recomendado temperaturas entre 20°C e 25°C para seu correto funcionamento e manutenção de sua vida útil.

Os quadros de alimentação elétrica principal foram adaptados com chaves de transferência para ter alimentação vinda da concessionária de energia local, dos geradores específicos do Data Center e do sistema de energia ininterrupta (UPS). Assim como o grupo motor-gerador a norma recomenda que o quadro de distribuição elétrica principal do Data Center deve ser instalado em espaço dedicado ao sistema elétrico e com acesso controlado.

5.2.2 SISTEMA DE INFRAESTRUTURA DO DATA CENTER

Como já abordado um Data Center é um ambiente altamente dinâmico que para evitar desperdício de energia e garantir o uso eficiente dos recursos precisa estar constantemente se reformulando para que seus equipamentos não fiquem obsoletos. E ao projetar seu projeto conceitual o projetista deve não só considerar o porte e as características de investimento como também definir requisitos de espaço e local disponível para construção e a capacidade de processamento. Além disso, deve definir cuidadosamente seus principais subsistemas de refrigeração, de abastecimento de energia e de monitoramento. Requisitos estes que não foram observados no projeto base do Data Center da unidade visitada, uma vez que ele foi construído com base no projeto da sala segura da ANVISA que por sua vez teve como parâmetro o projeto do Data Center da Vale do Rio Doce. Não determinar essas necessidades significa basicamente não analisar as reais necessidades da empresa e não alinhar corretamente a capacidade de processamento versus a infraestrutura o que pode gerar gastos desnecessários.

Para que a infraestrutura de uma Data Center funcione adequadamente deve-se equilibrar três fatores: conhecimento das tendências tecnológicas, padronização e modularidade, e como seu crescimento não é linear sua capacidade de processamento, de armazenamento e sua taxa de transmissão nas redes não são idênticas. Portanto, ampliar a capacidade de processamento implica em aumentar o número de processadores no espaço físico. Ao expandir a capacidade de armazenamento é possível reduzir a densidade de processadores, mas dilata a taxa de transmissão. Porém para dilatar a taxa de transferência (*throughput*) de dados são necessário maiores números de cabos ou cabos mais grossos. Logo, para que um Data Center não se torne rapidamente obsoleto deve-se ao projetá-lo considera aumentar a carga de refrigeração, de alimentação elétrica e de espaço físico para passagem dos cabos de forma a proporcionar folgas para uma futura expansão sem ocasionar um gargalo na entrada no centro de distribuição.

Assim como recomenda a norma ANSI/TIA 607-B o Data Center visitado, tem-se uma malha de cobre que percorre o piso flutuante por baixo e é conectada em uma haste sim outra não do próprio piso e na sequência conectada ao SPDA do prédio que desce pelas laterais próxima à sala do Data Center. Resumindo, o data Center dispõe de dois métodos de aterramento que são a estrutura em árvore e a estrutura em malha. O sistema de aterramento tipo estrutura de árvore bem comum em telecomunicações consiste em condutores de aterramento conectados em um ponto central de aterramento. Esta configuração evita loops de aterramento e reduz a interferência de tensões de interferência de baixa frequência (zumbido). Já o sistema de aterramento tipo estrutura de malha distribuir as correntes em loops de terra da forma mais uniforme possível minimizando assim esses loops. As estruturas de malha são usadas principalmente para transmissões de dados de alta frequência.

A norma também recomenda que rack e gabinetes sejam alimentados com dois circuitos elétricos com potência 12 kW sendo um circuito reserva. Devendo cada um dos circuitos possuir seu quadro de distribuição independente. Além disso, os circuitos elétricos para alimentação dos equipamentos eletrônicos devem ser projetados especificamente para essa finalidade.

Para finalizar, o Data Center deve ser localizado em região onde não existam fontes de interferência eletromagnética, tais como transformadores, equipamentos de raio x, equipamentos de solda e arcos elétricos, rádios, radar, visto que o campo elétrico em seu interior deve ser inferior a 3 V/m. A norma também recomenda que cabos de energia elétrica; cabos de telecomunicações e redes em Data Centers sejam instalados em eletrocalhas dedicadas.

Para que os operadores do Data Center possam trabalhar livremente durante o planejamento e a instalação, todos os patchs panels foram aterrados usando uma estrutura de árvore e também uma estrutura em malha. Cada patch panels é aterrado individualmente em uma estrutura de árvore, através do gabinete ou de barramentos de aterramento. Esse aterramento é recomendado, pois o loop da conexão de aterramento de um patch panel para outro aumenta a impedância elétrica.

Após os patchs panels serem aterrados, os gabinetes também devem ser aterrados em uma estrutura de árvore, por meio de barramentos de aterramento de telecomunicações (TMGB) ou barramentos de aterramento de telecomunicações (TGB). No caso da estrutura em malha, o gabinete é conectado ao próximo ponto de aterramento dentro da estrutura do edifício.

Além disso, cabos e hardware de conexão blindados devem seguir as recomendações dos fabricantes e ter a blindagem conectada ao sistema de aterramento de telecomunicações do edifício. As normas recomendam que para uma boa resposta a interferência eletromagnética por campos elétricos o aterramento da blindagem seja em ambos os extremos do enlace ou canal. Já para campos

magnéticos o aterramento da blindagem deve ser em apenas um extremo do enlace ou canal, visto que é mais indicado para evitar formação de loop de terra (*ground loop*) entre a blindagem do cabo e o plano de terra.

É comum em telecomunicações a utilização de uma malha de referência de sinal (SRG) para aterrar os equipamentos eletrônicos do Data Center. Geralmente é implementada com condutores de seção circular que apresentam impedâncias inferiores e com nível de desempenho superior. Quando devidamente projetada e implementada a malha oferece uma referência de terra comum em altas frequências para todos os equipamentos de uma área delimitada, além de equalizar os potenciais de forma eficiente em uma ampla escala de frequências. Sua função é minimizar as diferenças de tensões entre os equipamentos interconectados por meio de um plano de terra equipotencial para altas frequências e baixos níveis de tensão de ruídos.

Para uma eficiente equipotencialização do aterramento, os caminhos metálicos, as blindagens dos cabos, os condutores de aterramento e os hardwares de conexão devem ser conectados entre si e nos espaços de telecomunicações do edifício. O barramento de aterramento de telecomunicações (TBG) deve estar presente ao longo do edifício e dos espaços de telecomunicações, pois deverá ser conectado ao sistema de aterramento. Enquanto isso, o barramento de aterramento principal do sistema de aterramento de telecomunicações do edifício (TMGB) servirá como extensão do eletrodo de aterramento do sistema de aterramento de telecomunicações do edifício. Por fim, o TBG e TMGB deve ser interconectado ao TBB segmento de cabo oriundo no barramento principal de aterramento de telecomunicações do edifício que será distribuído ao longo do edifício.

De acordo com as normas NBR 5410 (brasileira), ANSI/TIA 607-B, ISO/IEC e a ISO/IEC 60364 (americanas) que abordam sobre aterramento e equalização de potenciais, a diferença de tensão entre as extremidades do enlace ou canal não deve ultrapassar 1 V(rms) de forma a minimizar os efeitos dos loops de terra.

5.2.3 SISTEMA DE SEGURANÇA E PROTEÇÃO CONTRA INCÊNDIO

Quando o assunto é proteção contra incêndio, existe normalização e regulamentações do Corpo de Bombeiros. Porém o ambiente visitado não dispõe de um sistema de detecção de incêndio ativo e as instalações próprias do edifício não tem pressurização. Assim sendo, a localidade está completamente em desacordo com a norma.

As normas nacionais e internacionais recomendam dispositivos e/ou sistemas corta-fogo para vedar as aberturas por onde entram e saem cabos visando a o retardo da queima das matérias, a propagação de chamas e a emissão de gases tóxicos em eventos de incêndio que varie entre 60 a 120

minutos, período de tempo capaz de permitir a evacuação dos espaços, ou até chegada dos bombeiros para que possam extinguir o incêndio. As normas também recomendam que aberturas utilizadas para a passagem de cabos de sistemas elétricos, salas técnicas, entradas de edifício, quadros, painéis, por exemplos, e localidades onde passam eletrodutos, eletrocalhas devem conter material corta-fogo.

As normas também recomendam que os materiais corta-fogo utilizados ofereçam níveis de proteção contra ingresso de contaminantes. Essa proteção deve garantir que os contaminantes sólidos de qualquer tipo e contaminantes líquidos não penetrem a vedação. Ainda de acordo com as normas, os espaços críticos devem ser protegidos com sistema de proteção contra incêndio que contenham os seguintes elementos básicos:

- **Detecção:** podendo ser fumaça, calor e fogo.
- **Alarme:** o sistema de proteção de incêndio deve acionar os alarmes sonoros em qualquer evento ou indique princípio de incêndio.
- **Controle:** sistema de detecção com meios de acionar avisos sonoros e visuais, além de notificar o departamento responsável e acionar sistema automático de contenção de incêndio.
- **Supressão:** sistema de extinção de fogo (sprinklers) ou gases inertes não inflamáveis (FM-200).

Dois aspectos que devem ser considerados quanto a segurança em um Data Center são a segurança da informação e a segurança física. A segurança da informação deve ser resguardada pela área TI garantindo assim a integridade e a segurança das informações sensíveis que serão processadas e armazenadas pelo Data Center. Nesses aspectos o Data Center deve basear-se nas normas ABNT NBR 27001, ABNT NBR 27003 e ABNT NBR 27004. Já a segurança física está voltada para preservar a infraestrutura física do Data Center e manter a disponibilidade do site de modo a garantir a continuidade do negócio.

Sendo assim, a localidade visitada tem sistema de controle de acesso, porém funciona de forma manual. Ou seja, caso tenha a necessidade de uma visita, por exemplo para manutenção do parque é encaminhada uma mensagem para responsável da área por e-mail que irá agendar uma data oportuna.

Esse método além de demorado é falho visto que não dispõe de um sistema de vigilância eletrônica para monitorar o acesso de pessoas, centralizar um registro visual de áreas monitorada durante um alarme de incêndio ou acesso indesejado ou até mesmo em regime normal de acesso; manter a gravação de evidências de ações criminosas; manter a gravação de imagens de áreas monitoradas e a atividades de seus ocupantes.

5.2.4 SISTEMA DE CLIMATIZAÇÃO

Na unidade analisada, o sistema de climatização adotado foi o conceito de corredores frios e quentes. Corredores frios e quentes são os espaços na frente e atrás dos gabinetes nas salas de computadores para conformação dos fluxos de ar frio e quente nesse espaço. Sua finalidade é melhorar a eficiência energética do sistema de climatização do Data Center. Para a insuflação de ar frio e a conseqüente conformação dos corredores frios, placas de piso perfuradas são posicionadas de forma adequada e os racks ou gabinetes são posicionados de tal forma que os equipamentos ativos fiquem com a orientada para esse corredor. O corredor quente é gerado na parte posterior dos racks ou gabinetes, onde há a saída do ar que passou pelos equipamentos eletrônicos para retirar o calor gerado devido à sua operação. O corredor quente é, então, criado pelo posicionamento das partes posteriores dos equipamentos de TI, ou seja, a traseira de um equipamento é alinhada com a traseira do outro.

O sistema de climatização não só é vital para segurança do Data Center já que responsável por conservar os equipamentos, manter a capacidade e a velocidade de processamento das informações e evitar os *downtimes* como também é considerado a segunda maior consumidora de energia elétrica no Data Center perdendo apenas para carga de TI. A refrigeração adequada de um Data Center além de garantir a segurança, a confiabilidade e alta disponibilidade também proporcionar uma economia no consumo de energia, visto que um sistema bem projetado aumentar a eficiência energética e reduzir o consumo do sistema de climatização.

Quando o assunto é a otimização do uso de energia há pontos que podem ser melhorados como o sistema mecânico que é responsável por um alto consumo de energia. Qualquer iniciativa, no sentido de reduzir a carga térmica do Data Center, resultará uma PUE mais baixa. Por isso, têm sido apresentadas no mercado propostas para a otimização do sistema de climatização dos Data Centers. Entre as iniciativas que tem apontados resultados satisfatórios estão o confinamento de corredores (frios ou quentes) e a técnica de *free cooling*. Estima-se que o confinamento de corredores pode reduzir o consumo do sistema de climatização entre 20 e 30% e o *free cooling* em até 50%, sob determinadas condições. São exemplos de recomendações para melhoria da eficiência energética de Data Centers: monitorar a energia utilizada pelo Data Center para identificar pontos falhos; fechar aberturas por onde pode haver vazamento de ar frio do sistema de climatização do Data Center; reduzir a carga dos equipamentos de TI; remover servidores ociosos e implementar a virtualização; selecionar equipamentos adequados às suas reais necessidades; gerenciar a demanda de energia, reduzir e adequar equipamentos a novas demandas; adquirir novos equipamentos (com requisitos de consumo mais baixo) e descartar equipamentos antigos.

6. MELHORIAS APLICÁVEIS AO DATA CENTER ESTUDADO

O Data Center avaliado apresentou características de classificações Tier diversas para cada parte de sua infraestrutura, quando analisada cada área isoladamente.

Considerando os apontamentos do capítulo 5, o Data Center estudado seria classificado como Tier 1 de acordo com os critérios de classificação da norma TIA 942, apesar do ambiente apresenta na sua infraestrutura classificação Tier 2. Isso deve-se ao fato da norma TIA evidencia os pontos que podem resultar em falhas e vulnerabilidades que paralise o ambiente assim o Data Center recebe a classificação geral Tier da camada mais baixa.

Neste capítulo serão sugeridas algumas medidas de segurança que podem ser adotadas para garantir que Data Center opere de acordo com as normas e dentro das condições mínimas de segurança contra perda de dados e interrupções não programadas.

6.1 SISTEMA ELÉTRICO

No subsistema elétrico o Data Center pode ser classificado como Tier I, pois dispõe das condições básicas para atender todos os equipamentos de TI, ou seja, possui fonte UPS para quedas, interrupções e picos de energia; equipamentos de resfriamento dedicados e grupo gerador para interrupções de energia. Apesar disso, o sistema elétrico apresenta problemas estruturais como corrosão do sistema de aterramento, fuga de corrente, sobrecarga do sistema elétrico devido ao aumento de carga sem redimensionamento, queda de tensão e o SPDA não têm as descidas nem os captos o que resulta em menor proteção contra downtimes.

Algumas medidas recomendadas para evitar que os serviços sejam afetados por falha na distribuição ou diminuição de capacidade seria elaborar um levantamento dos equipamentos da edificação. Isso porque alguns equipamentos necessitam de circuitos independentes e com potências específicas. Por exemplo, cabos grossos demais são caros, mas finos demais superaquecem e podem causar princípios de incêndio paralisando o Data Center. Como cada equipamento tem sua potência específica deve ser evitado conduítes inadequados, pois pode comprometer os equipamentos instalados no Data Center e causar prejuízo a empresa com troca constante dos conectores. Ademais, o calor excessivo nos condutores gera desperdício desnecessário de energia. Para evitar problemas futuros e facilitar a manutenção, os fios devem ser identificados com cores ou etiquetas; e o circuito de iluminação das tomadas e equipamentos devem ser separados. Essa medida proporcionará mais segurança e estabilidade à rede.

Inclusive ambiente construído do zero e seguindo as normas podem apresentar falhas nos equipamentos, por isso medidas de controle de riscos devem ser adotadas, tais como, investir em produtos tecnológicos AC, DC e Data Line, implementar supressores de surto de tensão transiente para garantir a proteção Data Center evitando assim tempo de inatividade e perdas financeiras significativas. Para perdas significativas causadas por eventos de sobretensão podem ser minimizados utilizando dispositivos de proteção contra surtos adequados e métodos de blindagem eficaz. Os dispositivos contra surtos oferecem dois benefícios para instalações de alta disponibilidade: (1) são parte integrante do sistema de proteção contra raios da instalação e (2) são mitigadores de transientes de tensão.

Por ser uma construção antiga é recomendado providenciar: *retrofit* na entrada da subestação de energia elétrica; das instalações elétricas, do sistema de aterramento; do sistema de proteção contra descargas atmosféricas; a troca dos relés de proteção e a implementação de novas funções como proteção contra arco elétrico oriundo de curtos-circuitos nos painéis de média tensão. Para otimizar o desempenho do sistema elétrico será necessário antes avaliar a situação atual dos equipamentos elétricos existentes, durante esse processo pode ser que seja identificado conexões e componentes defeituosos antes que eles causem uma interrupção nos serviços, bem como pode também identificar lacunas na manutenção dos equipamentos. Ambientes que esteja em conformidade com as normas vigentes não só ajuda a evitar multas e sanções de organismos como a OSHA e a NFPA como também minimiza ameaças que podem resultar em avarias de equipamentos e perda de produtividade. Essas melhorias além de resulta em um ótimo custo benefício também revertera em medidas corretivas que mitigara os riscos ajudando a empresa a melhorar a confiabilidade e a disponibilidade do Data Center.

Todos os equipamentos do subsistema de energia devem trabalhar harmoniosamente entre si e com demais sistemas. Por isso, a implementação de um programa de manutenção preventiva periódico é fundamental para garantir a confiabilidade de equipamentos elétricos como UPS, DPU e bancos de baterias. A manutenção preventiva possibilitar que problemas sejam detectados e corrigidos logo no início evitando paradas não planejadas devido ao impacto de uma falha no sistema de alimentação de energia.

6.2 SISTEMA DE INFRAESTRUTURA DE DATA CENTER

Na parte de arquitetura, Data Center Tier 2. Em termos de estrutura construtiva, Data Center possui piso elevado; caminho de distribuição de energia e refrigeração redundantes; caminhos físicos e lógicos independentes e redundantes para atender ao ambiente crítico por mais de 48 horas de proteção contra queda de energia podendo até ser considerado um sistema autossustentado com equipamento de refrigeração e alimentação de energia.

Neste tópico, o recomendado é que a equipe profissional responsável pelo Data Center seja qualificada para serviço prestado e esteja constantemente se atualizando e se aperfeiçoando. A próxima recomendação seria maximizar a disponibilidade para isso o operador deve verificar se os sistemas críticos, por exemplo, sistema elétrico, refrigeração estão funcionando adequadamente e completamente integrado. Corrigir situações que desperdiçam energia pode reduzir os custos com energia sem afetar a disponibilidade.

Vale ressaltar que a classificação Tier não tem uma norma regulatória própria no Brasil, por isso, deve ser empregada conjuntamente com outras normas como NBR 5410, NBR 15247, NBR 5419.

6.3 ESTUDADO SISTEMA DE CLIMATIZAÇÃO

A parte de climatização, Data Center Tier 1. O sistema de climatização consiste em um sistema de corredores frios e quentes. Esse tipo de sistema de contenção melhorar a temperatura do ar de entrada dos servidores com redução de custo operacional e incremento na capacidade de refrigeração permitindo uma economia de até 40% na economia de energia no sistema de climatização. No entanto, apesar do sistema ser composto pelos melhores equipamentos do mercado não são plenamente eficientes, pois mesclar equipamentos específicos com ar condicionado de utilização humana. Ao contrário das pessoas, os computadores geram calor seco e não geram umidade. E o ar condicionado projetado para o conforto das pessoas e não para a proteção de ambientes de TI, pode gerar mudanças repentinas na temperatura e na umidade prejudiciais ao ambiente. E condições ambientais inadequadas podem corromper os dados ou até gerar parada total do sistema.

Enquanto o sistema de refrigeração de precisão para Data center entrega um FCS (Fator de Calor Sensível) de 0,95% o sistema de refrigeração de conforto possui um FCS apenas de 0,65%. Na prática, o FCS maior do sistema de precisão representa maior eficiência energética, aumento de longevidade dos equipamentos, segurança e confiabilidade do Data Center. Isso ocorre porque sistemas de climatização convencionais que utilizam aparelhos comuns são projetados apenas para garantir conforto térmico às pessoas. Portanto, não possuem uma série de mecanismos de controle inerentes aos equipamentos de um CRAC, ou seja, não possui capacidade para retirar o calor sensível (calor seco) gerado pelos equipamentos do Data Center. Ademais, o ar-condicionado de conforto não possui sistema de controle, umidificador e mecanismo de reaquecimento, quadro elétrico próprio e acuidade de +1°C e -1°C no controle de temperatura e umidade como o ar-condicionado de precisão para Data Centers.

Quando não há o controle adequado da umidade o ambiente pode ficar muito úmido ou muito seco queimando ou danificando os componentes eletrônicos devido a energia estática gerada pelo ar seco. Além disso, quando o Data Center utiliza ar condicionado de conforto o sistema não tem vazão suficiente para remover o calor do ambiente, e embora esfrie o ambiente não consegue o insuflamento adequado do ar. O trabalho excessivo dos servidores para compensar a falta de um sistema adequado gera fadiga e desgaste, em decorrência disso há uma diminuição da vida útil dos componentes desses equipamentos. Ao realizar a troca de calor corretamente os servidores começam a desarmar devido ao superaquecimento, com tempo esse simples desarme pode evoluir para uma paralisação total do Data Center. Com a queda de servidores, dados podem ser corrompidos ou perdidos, e pode levar horas para que os softwares voltem a entrar em operação. Isso representa queda de produtividade e sérios prejuízos financeiros.

Visando melhorar a eficiência energética na área de climatização e garantir o correto funcionamento do Data Center uma recomendação seria deixar apenas o sistema de refrigeração de precisão para Data center e a implementar a técnica CFD (Computational Fluid Dynamics) que consiste no uso de um software específico que é alimentado com informações exatas (parâmetros de projeto) para gerar um resultado preciso.

6.4 SISTEMA DE CONTROLE DE ACESSO E MONITORAMENTO

A localidade visitada tem um sistema de Controle de Acesso, porém funciona de forma manual. Ou seja, caso seja necessário agendar uma visita para manutenção do parque, por exemplo, é encaminhada uma mensagem para o responsável da área por e-mail que irá agendar uma data oportuna. Além de demorado, esse sistema é falho pois não dispõe de nenhum sistema de vigilância eletrônico para monitorar o acesso de pessoas e nem como centralizar um registro visual de áreas durante um alarme de incêndio ou acesso indesejado.

Para garantir a disponibilidade e a segurança do ambiente de TI é imprescindível que Data center tenha um sistema de monitoramento e controle de acesso indesejado. Isso não só assegurará a confiabilidade necessária ao ambiente como também poderá prever e identificar em tempo hábil diversas situações indesejadas evitando indisponibilidade do sistema e reduzindo os custos operacionais não controlados. Também servirá para ajudar a equipe de TI a evitar falhas graves, como perda de dados e a degradação dos dados.

O alicerce de qualquer Data Center é assegurar que os equipamentos e sistemas de comunicação não estejam vulneráveis a invasões ou ataques cibernéticos. Portanto, o ambiente deve permitir que

os funcionários tenham acesso físico ao Data Center, mas deve impedir a entrada de pessoas não autorizadas ou sem conhecimento adequado em ambientes críticos.

Uma recomendação para minimizar os riscos de invasões, roubo e danos aos dados seria implementar um mecanismo de restrição de entrada e circulação de pessoas juntamente com protocolos de segurança e monitoramento; orientar os usuários a respeito das boas práticas de segurança com campanhas de conscientização visando garantir que pessoas autorizadas não divulguem de maneira não intencional informações a terceiros não autorizados, evitar a ineficácia das medidas de segurança implementadas e aplicar políticas adequadas de segurança de usuários a cada ponto de acesso ao Data Center.

6.5 SISTEMA DE PROTEÇÃO CONTRA INCÊNDIO

O ambiente visitado não dispõe de um sistema de detecção de incêndio ativo e as instalações próprias do edifício não têm pressurização. O sistema de combate a incêndio é fundamental para garantir que em caso de incêndio o fogo não danifique os equipamentos eletrônicos e os componentes do Data center.

É recomendado que o sistema de combate a incêndio do Data Center disponha de detecção, alarme e supressão de incêndio e utilize como agente extinto FM-200. O agente extinto FM-200 é recomendado, pois ele não danifica e nem agredir os equipamentos eletrônicos; não deixa resíduos; não extingue o oxigênio da sala o que proporciona segurança para os operadores caso fiquem confinados no ambiente durante incêndio; são eficazes na extinção de incêndio classe A, B e C e permitem a retomada das atividades do Data Center pouco tempo após a extinção do fogo.

7. CONCLUSÕES

Com a realização do presente estudo foi possível identificar que o sistema elétrico juntamente com o sistema de climatização são fundamentais para garantir o funcionamento adequado e a disponibilidade do Data Center, bem como são os principais consumidores de energia elétrica dentro da estrutura de Data Center. Durante o estudo percebe-se que houve um investimento financeiro considerável para adquirir equipamentos modernos para infraestrutura do Data Center, mas que não tiveram esse cuidado com outros sistemas críticos como sistema elétrico e o de climatização. Por exemplo, o sistema elétrico apresenta diversos problemas estruturais, tais como corrosão do sistema de aterramento, fuga de corrente, sobrecarga do sistema elétrico devido ao aumento de carga sem redimensionamento e queda de tensão que resulta em menor proteção contra downtimes.

No sistema de climatização foi possível observar que alguns dos equipamentos utilizados no sistema de refrigeração do Data Center são projetados para proporcionar conforto às pessoas, diferentemente dos equipamentos de precisão, que são para o uso específico em ambientes críticos de TI, o que acaba por aumentar o consumo de energia elétrica e diminuir a eficiência do sistema de climatização. De acordo com os resultados obtidos no Data Center analisado, pode-se averiguar que, o Data Center avaliado não apresenta os requisitos necessários para ser considerado energeticamente eficiente, indicando um alto grau de ineficiência.

Outro fato observado é a falta de comprometimento da alta direção em investir em manutenção preventiva e em profissionais capacitados para dar suporte de acordo com a necessidade do ambiente. O crescimento da infraestrutura do Data Center é inegável, mas está em desacordo com as recomendações normativas. O recomendado nessa situação seria investir em manutenção preventiva e em pessoal capacitado para que os problemas fossem detectados e corrigidos logo no início evitando paradas não planejadas.

7.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Para elaboração de trabalhos futuros sugere-se: (1) reavaliar o sistema de elétrico que está em funcionamento; (2) analisar de forma detalhada a utilização dos ativos de rede com o propósito de identificar o consumo energético individual e por grupo, a temperatura de operação e o local mais apropriado para sua instalação; (3) avaliar a possibilidade de colocar os equipamentos em repouso ou desligá-los nos momentos de baixa utilização dos recursos de processamento e armazenamento; (4) verificar quais dispositivos instalados no Data Center possuem recursos de economia de energia elétrica e ativá-los; (5) analisar a viabilidade e o impacto no consumo energético ao ativar todos os recursos associados à virtualização dos servidores; (6) estudar a influência dos sistemas periféricos

(por exemplo, a iluminação) no consumo de energia elétrica em um Data Center; e (7) analisar e monitorar o comportamento da variação da carga de TI versus a eficiência do site, visto que, com o passar dos anos, novos equipamentos de TI são adicionados e outros removidos, provocando mudanças no Data Center e afetando a sua eficiência energética.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICA

- [1] P. H. Geng, Data Center Handbook, Wiley, 2015.
- [2] P. S. Marin, Data Centers Engenharia e Infraestrutura Física, PM Books, 2016.
- [3] T. -. 942, Telecommunications Infrastructure Standard for Data Centers, 2015.
- [4] G. P. Hwaiyu, Data Center Handbook: Plan, Design, Build, and Operations of a Smart Data Center, Wiley, 2015.
- [5] P. S. Marin, Infraestrutura Predial para Cabeamento Estruturado, PM Books, 2017.
- [6] P. S. Marin, Cabeamento Estruturado Projeto e Instalação, PM Books, 2015.
- [7] "Uptime Institute," [Online]. Available: Arc Flash Mitigation in the Data Center. [Acesso em 10 abril 2022].
- [8] "JM Serviços," [Online]. Available: <https://www.jmservicospiracicaba.com.br/choque-eletrico-em-geladeiras-e-maquina-de-lavar/>. [Acesso em 20 abril 2022].
- [9] J. G. Hancock, T. Murray e S. D. Ellifrit, Cold-Formed Steel Structures to the AISI Specification, New York: Marcel Dekker, 2001.
- [10] ANSI/TIA-607-C: Communications Building Grounding (Earthing) and Bonding Requirments for Telecommunications, TIA (Telecommunications Industry Association), 2015.
- [11] IEEE, "IEEE 1100: Recommended Praticce for Powering and Grounding Electronic Equipment," IEEE, 2005.
- [12] M. Veras, Virtualização um componente central do Datacenter, Brasport, 2016.
- [13] M. Portolani, Data Center Fundamentals, Cisco Press, 2004.
- [14] J. M. Filho, Instalações Elétricas Industriais, LTC, 2017.

- [15] ABNT, ABNT NBR 5410: Instalações elétricas de baixa tensão, ABNT, 2015.
- [16] ABNT, ABNT NBR 5419: Proteção de Estruturas contra Descargas Atmosféricas, ABNT, 2014.
- [17] ABNT, ABNT NBR 14565: Cabeamento de telecomunicações para edifícios comerciais e data centers., ABNT, 2013.
- [18] N. P. Pescador e J. M. L. d. Silva, “Data Center- Norma EIA/TIA 942,” [Online]. Available: <https://www.certtum.com.br/geracao-de-conhecimento/data-center--norma-eia-tia-942/18>. [Acesso em 18 outubro 2021].
- [19] A. Siemon, “Padrão de infraestrutura de telecomunicações TIA-942-A para data centers,” [Online]. Available: <https://blog.siemon.com/standards/tia-942-a-telecommunications-infrastructure-standard-for-data-centers>. [Acesso em 18 outubro 2021].
- [20] A. Vaiser e H. Moreno, “Guia o Setor Elétrico de Normas Brasileiras,” [Online]. Available: https://d12sd7h1px1tbv.cloudfront.net/sites/www.voltimum.com.br/files/pdflibrary/guia_o_setor_eletrico_de_normas_brasileiras_0.pdf. [Acesso em 18 outubro 2021].
- [21] H. Moreno, “Aterramento Elétrico,” [Online]. Available: <https://www.tex.com.br/imagens/download/manual-de-aterramento-eletrico.pdf>. [Acesso em 18 outubro 2021].
- [22] F. N. Patrício, “SPDA - Proteção Contra Descargas Atmosféricas,” [Online]. Available: <https://www.crea-pr.org.br/ws/wp-content/uploads/2016/12/protecao-contradescargas-atmosfericas-SPDA.pdf>. [Acesso em 18 outubro 2021].
- [23] R. & De-Massari, “DATA CENTER HANDBOOK,” [Online]. Available: http://www.lavancom.com/portal/download/pdf/catalog/Handbook_datacenter.pdf. [Acesso em 18 outubro 2021].
- [24] J. M. Filho, Manual de Equipamentos Elétricos, LTC, 2013.
- [25] [“O instalador,” [Online]. Available: <https://oinstalador.com/Artigos/259034-Eletricidade-nao-subestimar-os-riscos-do-perigo-oculto.html>. [Acesso em 20 abril 2022].