

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA**

**ANÁLISE DE AMPLIAÇÃO DE INFRAESTRUTURA DE UM
CENTRO DE DADOS: SISTEMA TRADICIONAL *VERSUS*
HÍBRIDO**

DAYLER LOSI DE MORAIS

ORIENTADOR: LEONARDO GUEDES DE REZENDE GUERRA

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

PUBLICAÇÃO: PPGENE.DM – 067/10

BRASÍLIA / DF: AGOSTO/2010

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA**

**ANÁLISE DE AMPLIAÇÃO DE INFRAESTRUTURA DE UM
CENTRO DE DADOS: SISTEMA TRADICIONAL *VERSUS*
HÍBRIDO**

DAYLER LOSI DE MORAIS

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO PROFISSIONALIZANTE SUBMETIDA AO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA DA FACULDADE DE TECNOLOGIA DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA, COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE.

APROVADA POR:

**LEONARDO GUEDES DE REZENDE GUERRA, Doutor, UCG
(ORIENTADOR)**

**FLAVIO ELIAS GOMES DE DEUS, Doutor, UnB
(EXAMINADOR INTERNO)**

**MARCELO STEHLING DE CASTRO, Doutor, UFG
(EXAMINADOR EXTERNO)**

DATA: BRASÍLIA/DF, 23 DE AGOSTO DE 2010.

FICHA CATALOGRÁFICA

MORAIS, DAYLER LOSI

ANÁLISE DE AMPLIAÇÃO DE INFRAESTRUTURA DE UM CENTRO DE DADOS: SISTEMA TRADICIONAL *VERSUS* HÍBRIDO [Distrito Federal] 2010.

xxii, 66p., 210 x 297 mm (ENE/FT/UnB, Mestre, Dissertação de Mestrado – Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia, 2010).

Departamento de Engenharia Elétrica

1. Centro de Dados

2. Ciclo de Refrigeração

3. Carga Térmica

4. Potência Elétrica

I. ENE/FT/UnB

II. Título (série)

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

MORAIS, D. L. (2010). ANÁLISE DE AMPLIAÇÃO DE INFRAESTRUTURA DE UM CENTRO DE DADOS: SISTEMA TRADICIONAL *VERSUS* HÍBRIDO. Dissertação de Mestrado em Engenharia Elétrica, Publicação PPGENE.DM-067/10, Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 66p.

CESSÃO DE DIREITOS

AUTOR: Dayler Losi de Moraes.

TÍTULO: ANÁLISE DE AMPLIAÇÃO DE INFRAESTRUTURA DE UM CENTRO DE DADOS: SISTEMA TRADICIONAL *VERSUS* HÍBRIDO.

GRAU: Mestre

ANO: 2010

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

Dayler Losi de Moraes
SQB, Quadra 1, Bloco C, Apto. 404.
71.009-000 Brasília – DF – Brasil.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, por minha vida repleta de felicidades e bênçãos, que me deu a oportunidade, saúde e coragem necessárias para completar mais este desafio.

A minha esposa, Leandra, pelo incondicional amor e apoio.

Aos meus amigos: Isamu Ikeda Jr., Marcos Valle, Carlos André Reis Pinheiro, Rogério Vieira de Brito, Sergio Medeiros de Souza, João Luiz Ramalho, Leopoldo Freire, Rodrigo Pinheiro dos Santos, Charles Costa Ribeiro, Adriana Neiva, por terem me ajudado ao longo deste trabalho.

A Oi/BrasilTelecom por ter me proporcionado esta oportunidade.

A todos os amigos e colegas de mestrado, que contribuíram e ajudaram, direta ou indiretamente ao longo desta jornada.

Ao corpo docente da Universidade de Brasília e ao meu orientador, Prof. Leonardo Guedes de Rezende Guerra, pela oportunidade de crescimento intelectual e profissional.

Com amor à minha esposa, Leandra,
por ter me incentivado a voltar aos estudos.

À minha filha, Fernanda, por me ajudar a
transformar as dificuldades em incentivo.

Aos meus pais, Divino Gaspar (*in memoriam*) e
Ana Luiza, por todo amor e exemplo de vida.

Ao meu irmão, Denio, e a todos os meus familiares
e amigos que sempre me apoiaram e acreditaram
em meus esforços e minha dedicação.

“Divida cada dificuldade em tantas partes quanto
possível e necessárias para resolvê-la.”
(Rene Descartes)

RESUMO

ANÁLISE DE AMPLIAÇÃO DE INFRAESTRUTURA DE UM CENTRO DE DADOS: SISTEMA TRADICIONAL *VERSUS* HÍBRIDO

Autor: Dayler Losi de Moraes

Orientador: Leonardo Guedes de Rezende Guerra

Programa de Pós-graduação em Engenharia Elétrica

Brasília, agosto de 2010

O avanço da Tecnologia da Informação requer um constante redimensionamento da capacidade operacional instalada de um Centro de Dados, haja vista não só o crescimento do número de usuários e consumidores, como também a necessidade de atualização dos equipamentos e a concomitante busca de aproximação na maximização dos recursos. É isso o que ocorre, por exemplo, com o consumo de energia elétrica nos Centros de Dados, principalmente quando eles são projetados já há alguns anos, com base em critérios bem diferentes do que hoje se requer, na perspectiva da sustentabilidade e da ecologia. O objetivo deste trabalho é comparar, do ponto de vista financeiro, a ampliação da infraestrutura de um Centro de Dados em funcionamento, igual ao que se encontra em uso em Brasília, do qual foram coletadas informações para este trabalho, com soluções modulares para Centros de Dados, tipo que vem ganhando espaço no mercado, devido a suas características como: menor espaço, mobilidade, maior eficiência energética, otimização do espaço e outras. Os resultados demonstraram, além dessas características, que do ponto de vista financeiro a ampliação de um Centro de Dados com o uso de sistemas modulares é viável.

ABSTRACT

ANALYSIS OF AN EXTENSION OF INFRASTRUCTURE DATA CENTER: TRADITIONAL VERSUS HYBRID SYSTEM

Author: Dayler Losi de Morais

Supervisor: Leonardo Guedes de Rezende Guerra

Programa de Pós-graduação em Engenharia Elétrica

Brasília, august of 2010

The advancement of information technology requires constant resizing of the operational capacity installed in a Data Center, considering not only the growing number of users and consumers, as well as the need for equipment upgrades and the concomitant quest for approach in maximizing resources. That's what happens, for example, the consumption of electric energy in data centers, especially when they are already designed a few years ago, based on criteria very different from what is required today, in view of sustainability and ecology. The aim of this study is to compare, from a financial standpoint, the expansion of the infrastructure of a data center running, like what is in use in Brasilia, from which information was collected for this work, with modular solutions for Data Center type that has been gaining market share due to its characteristics as smaller space, mobility, greater energy efficiency, space optimization and others. The results showed, in addition to these features, that the financial point of view the expansion of a Data Centre with the use of modular systems is feasible.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	1
2	CENTRO DE DADOS: CONCEITO, BREVE HISTÓRICO E COMPOSIÇÃO .5	5
2.1	Caracterização Física de um Centro de Dados	10
2.1.1	Eficiência energética de um Centro de Dados.....	11
2.1.2	Subsistema de energia elétrica.....	16
2.1.3	Subsistema de refrigeração	18
2.1.4	Subsistema de conectividade de rede, segurança, proteção contra incêndio, monitoração.....	21
2.2	O Centro de Dados Modular	21
3	DIMENSIONAMENTO DOS SISTEMAS DE ENERGIA ELÉTRICA E DE REFRIGERAÇÃO PARA UM CENTRO DE DADOS.....	24
3.1	Subsistema de Energia Elétrica	26
3.2	Subsistema de Refrigeração.....	29
4	Resultados e Análise	33
4.1	Formulações teóricas para a Pesquisa	33
4.2	Comparativo Preliminar	35
4.3	Dimensionamento da Proposta de Ampliação do Centro de Dados.....	38
4.3.1	Dimensionando o subsistema de energia elétrica para o Centro de Dados.....	39
4.3.2	Dimensionando o subsistema de refrigeração para o Centro de Dados	39
4.3.3	Projeção para um Centro de Dados Modularizado.....	40
4.3.4	Comparação de um Centro de Dados Tradicional <i>Versus</i> Centro de Dados Híbrido.....	44
4.3.5	Análise da ocupação <i>versus</i> infraestrutura disponível	47
4.3.6	Análise do desembolso exigido pelas duas soluções	47
4.3.7	Análise da ocupação da ampliação do Centro de Dados com equipamentos de informática de última geração	49
5	CONCLUSÃO.....	51
	BIBLIOGRAFIA	54
	ANEXO.....	58
	A – TABELAS.....	58
	B – QUESTIONÁRIO.....	60
	GLOSSÁRIO	62

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1: Infraestrutura típica de um Centro de Dados Tradicional.....	11
Figura 2.2: Carga de processamento <i>versus</i> energia elétrica consumida.	14
Figura 2.3: Evolução no desempenho dos processadores em 25 anos	16
Figura 2.4: Sistema de distribuição de energia elétrica em um Centro de Dados	18
Figura 2.5: Fases do Ciclo de Refrigeração.....	19
Figura 2.6: Configuração típica de refrigeração para Centro de Dados Tradicional.....	20
Figura 2.7: Layout solução modular.....	23
Figura 4.1: Divisão da carga de energia elétrica encontrada no Centro de Dados	36
Figura 4.2: Exemplo de um Centro de Dados típico	36
Figura 4.3: Carga térmica gerada no Centro de Dados.....	36
Figura 4.4: Carga térmica gerada no Centro de Dados, simulando sua operação a 100%	36
Figura 4.5: Espaço ocioso em <i>racks</i> impostos pela evolução tecnológica	40
Figura 4.6: Centro de Dados modular em <i>container</i>	41
Figura 4.7: Centro de Dados Modular Móvel.....	42
Figura 4.8: Centro de Dados modular em <i>container</i>	42
Figura 4.9: Casa de máquinas modular em <i>container</i> Active Power	43
Figura 4.10: Comparativo entre ocupação e infraestrutura disponível.....	47
Figura 4.11: Desembolso financeiro para a ampliação.....	48

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1: Utilização média de CPU por servidor	14
Tabela 3.1: Providências para redução de custos com energia elétrica.....	25
Tabela 3.2: Estimativa da potência de um sistema de energia elétrica.....	28
Tabela 3.3: Estimativa da potência de um sistema de energia elétrica de contingência	29
Tabela 3.4: Estimativa da carga térmica produzida em um Centro de Dados.....	31
Tabela 4.1: Características do Centro de Dados enfocado	38
Tabela 4.2: Estimativa da potência de um subsistema de energia elétrica com dados reais	39
Tabela 4.3: Estimativa de potência de um subsistema gerador de energia elétrica de contingência com dados reais	39
Tabela 4.4: Cálculo da carga térmica gerada com dados reais	40
Tabela 4.5: Informações para ampliação de um Centro de Dados Tradicional.....	44
Tabela 4.6: Comparação dos custos com a ampliação de um Centro de Dados tradicional <i>Versus</i> Híbrido.....	46
Tabela 4.7: Ocupação do Centro de Dados <i>versus</i> infraestrutura disponível.....	47
Tabela 4.8: Comparação de desembolso financeiro para a ampliação do Centro de Dados	48
Tabela 4.9: Simulação de valor futuro.....	49
Tabela A.1: Tabela de conversão de unidades térmicas.....	58
Tabela A.2 : Classificações Ambientais para Equipamentos.....	58
Tabela A.3 : Temperatura e Umidade Relativa do Ar.....	58
Tabela A.4 : Tabela de Disponibilidade.....	59

LISTA DE SÍMBOLOS, NOMENCLATURA E ABREVIACÕES

BTU	<i>British Thermal Unit</i>
CAPEX	<i>Capital Expenditure</i>
CPD	Centro de Processamento de Dados
CPU	<i>Central Processor Unit</i>
CRAC	<i>Computer Room Air Conditioning</i>
CRAH	<i>Computer Room Air Handling</i>
HTTP	<i>Hypertext Transfer Protocol</i>
HVAC	<i>Heating, Ventilation and Air Conditioning</i>
NOC	<i>Network Operations Center</i>
OPEX	<i>Operational Expenditure</i>
DP	<i>Dew Point</i>
DX	<i>Direct Expansion</i>
TI	Tecnologia da Informação

1 INTRODUÇÃO

A rápida evolução tecnológica e a natureza dinâmica do mercado competitivo demandam, cada vez mais, soluções flexíveis, ágeis e produtivas, desafiando dia-a-dia as soluções de Tecnologia da Informação. Com isso, levam a maioria dos Centros de Dados a apresentarem problemas constantes por falta de espaço físico, pelo consumo elevado de energia elétrica, por problemas na capacidade de refrigeração e pelo elevado custo operacional.

Um Centro de Dados é um local composto de infraestrutura física específica (energia elétrica de qualidade, refrigeração de precisão, conectividade de rede, sistemas de monitoração e outros) destinado à instalação de equipamentos de Tecnologia da Informação, os quais armazenam, processam e disponibilizam todo tipo de informação de empresas dependentes dessa tecnologia, de maneira confiável rápida e segura.

Mas o projeto eficiente de um Centro de Dados com capacidade para suportar as necessidades impostas pelo mercado e a velocidade da evolução tecnológica exige soluções complexas e caras, tanto para a implantação como para o gerenciamento.

Atualmente, vários estudos vêm sendo desenvolvidos para simplificar o entendimento das variáveis e dos cálculos envolvidos no projeto de um Centro de Dados, com a finalidade de possibilitar o aumento de sua eficiência, sem demandar um consumo elevado de recursos.

É nesse contexto que este trabalho se insere, tendo como objeto de estudo soluções que possibilitem melhorar a utilização dos recursos de infraestrutura em um Centro de Dados específico, na perspectiva da relação entre os respectivos custos e a eficiência em diferentes tipos de Centro de Dados.

Nesse sentido, o trabalho parte da seguinte questão/problema: diante de soluções tecnológicas mais avançadas, que exigem mais recursos de infraestrutura física em um Centro de Dados (densidade de potência elétrica, capacidade de refrigeração, espaço físico disponível, etc.), como se pode avaliar a ampliação de um desses Centros de Dados com pleno funcionamento de sua capacidade, em relação ao consumo de energia elétrica, à ocupação do espaço físico disponível e à capacidade de refrigeração?

O objetivo geral do trabalho é analisar, comparativamente, os custos envolvidos na ampliação de infraestrutura de um Centro de Dados utilizando soluções tradicionais ou

modulares, visando à redução no tempo de implantação e de ampliação, à maior eficiência na utilização de recursos de infraestrutura física (energia elétrica, refrigeração, espaço físico) e à redução de custos, tanto de implantação quanto de manutenção.

Os objetivos específicos são:

- Caracterizar os Centros de Dados;
- Descrever os requisitos dos principais subsistemas;
- Dimensionar os subsistemas de energia elétrica e refrigeração;
- Comparar, mediante um estudo de caso, a relação entre custos e desempenho geral entre dois modelos de Centro de Dados.

O tema é relevante, primeiro, porque o mercado é regido pela tecnologia que avança a passos largos, exigindo que as empresas, principalmente as que trabalham com a Tecnologia da Informação, se atualizem constantemente, sob pena de ficarem à margem dos avanços e, sobretudo, de comprometerem seus orçamentos, se não buscarem meios que se adequem melhor ao seu negócio. Entre esses meios encontra-se a constante avaliação de sua eficiência.

O tema também é relevante, porque aborda uma situação real, vivida não só pela empresa enfocada, mas certamente por várias outras que trabalham em ramos que estão em contínua e ampla expansão. Nessa perspectiva, há de se ter presente que a melhoria ou mesmo a manutenção de um bom desempenho exige avaliações constantes, seja do atendimento prestado, seja da relação custo-benefício, entre outros.

Além disso, um projeto adequado de sistema de ar condicionado que atenda aos requisitos de carga térmica para um Centro de Dados envolve variáveis complexas, devido à necessidade de precisão exigida, a qual começa com o dimensionamento do ciclo de refrigeração e é complementado com o sistema de distribuição de ar, sistemas de controle e outros.

Dessa forma, desenvolver pesquisas nessa área, seja para a busca constante de melhoria do atendimento, seja para a solução de problemas já identificados, constitui por si só um tema relevante e atual: relevante, porque vai atingir uma população específica, e atual, porque a tecnologia sempre está trazendo mais benefícios e com rapidez.

Diante disso, espera-se que os resultados obtidos com este trabalho possam acrescentar alguma referência às pesquisas realizadas sobre o tema, no que se refere à comparação proposta.

Do ponto de vista da metodologia, esta pesquisa é classificada como explicativa, porque busca avaliar aspectos envolvidos na ampliação de um Centro de Dados, a partir da comparação entre o modelo tradicional em funcionamento e um modular. Segundo Vergara (1998), um estudo é explicativo quando sua finalidade é tornar algo inteligível e justificar seus motivos.

Pode também ser considerada uma pesquisa aplicada, porque seus resultados podem ser aplicados à realidade do Centro de Dados enfocado. Para Vergara (1998), uma pesquisa é aplicada quando o objetivo é resolver problemas concretos da realidade, os quais podem ser imediatos ou não.

É ainda um estudo de caso, porque seu foco é um Centro de Dados específico, e os dados investigados são reais. Vergara (1998) explica que o estudo de caso é aquele que se refere a uma unidade de estudo, podendo ser uma família, um produto, uma empresa, um departamento, entre outros, buscando abordar analisar aspectos a eles relativos.

É uma pesquisa documental, porque teve como uma das fontes de informação registros escritos de valores e informações verbais, os quais foram consultados no local de origem. Um estudo é documental quando nele são utilizadas fontes de informação representadas por documentos, pessoas, registros e outros (Vergara, 1998).

O estudo é qualitativo/quantitativo, porque abordou, ao mesmo tempo, a qualidade do desempenho e a quantidade de recursos físicos e financeiros necessários à ampliação do Centro de Dados. Godoy (1995) afirma que a pesquisa qualitativa tem as seguintes características: o ambiente natural é a fonte direta dos dados e é descritiva.

No caso, esta pesquisa foi realizada no local onde os fatos vão ocorrer e há uma descrição dos dados obtidos.

Quanto ao caso estudado, trata-se de uma empresa de grande porte, localizada no Distrito Federal, cuja razão social e características são preservadas para se garantir o sigilo.

Os dados foram coletados pelo pesquisador em janeiro de 2010 em duas etapas: uma entrevista semi-estruturada com um analista de infraestrutura do Centro de Dados da empresa enfocada, para conhecer a proposta de ampliação do Centro de Dados; uma coleta de dados orçamentários, a partir de um orçamento real da empresa, datado de 2009.

Para a entrevista semi-estruturada, foram elaboradas perguntas abertas pelo pesquisador, sobre a estrutura do Centro de Dados.

Os dados obtidos foram demonstrados em planilhas e em gráficos comparativos, com a finalidade de demonstrar vantagens na ampliação do Centro de Dados com o uso de um ou de outro tipo.

O trabalho final encontra-se estruturado em cinco capítulos: no primeiro, são apresentadas as definições do Centro de Dados, seus componentes básicos e um breve histórico de sua evolução.

No segundo capítulo, são descritos os elementos necessários ao dimensionamento dos sistemas de energia elétrica e de refrigeração, com a finalidade de caracterizar os aspectos envolvidos nos respectivos processos.

No terceiro capítulo, são descritos os subsistemas de maior relevância para o nosso trabalho existentes em um Centro de Dados e apresentada a maneira que iremos utilizar neste trabalho para dimensionar os subsistemas de energia elétrica e refrigeração.

No quarto capítulo, são apresentados e discutidos os resultados, que foram elaborados comparativamente de forma concomitante, de modo a favorecer a respectiva avaliação.

No quinto capítulo, são apresentados a conclusão e recomendações para trabalhos futuros.

2 CENTRO DE DADOS: CONCEITO, BREVE HISTÓRICO E COMPOSIÇÃO

Centros de Dados são ambientes críticos para empresas dependentes da Tecnologia da Informação (TI). A necessidade de projetar e de gerenciar corretamente a infraestrutura física de um Centro de Dados é de fundamental importância, para melhor entender seu valor para os negócios da empresa e seu papel, no todo organizacional (Alger, 2005).

Alger (2005) explica que Centros de Dados são ambientes especializados em proteger os equipamentos mais valiosos de TI e a propriedade intelectual de uma empresa ou de grandes corporações. Nos Centros de Dados, encontram-se equipamentos, cujas finalidades são:

- Processar transações comerciais, hospedar *Web Sites*¹, processar e armazenar a propriedade intelectual;
- Manter registros financeiros;
- Processar e armazenar a comunicação (correio eletrônico, etc.), entre outros.

Um Centro de Dados ou *Data Center*, do inglês, é o local composto de infraestrutura física específica, utilizada para hospedar sistemas de computadores e componentes associados, tais como: componentes de rede, telecomunicações, dispositivos de armazenamento de informações, entre outros. Geralmente, a alimentação de energia elétrica é redundante, possuindo também sistema gerador de energia sobressalente, conexões de comunicação de dados redundante, sistema de controle ambiental (ex.: ar condicionado, sistema contra incêndio) e dispositivos de segurança (Toronto Hydro Electric System, 2009).

Também conhecido como *server farm* ou sala de computadores, os Centros de Dados são o local onde a maioria dos servidores, dispositivos de armazenamento e comunicação de dados de uma empresa se encontram fisicamente localizados, são manuseados e gerenciados (Bullock, 2009).

Barroso et al.(2009) resumem o conceito de Centros de Dados como sendo, essencialmente, grandes dispositivos que consomem energia elétrica e produzem calor.

Os Centros de Dados tiveram origem no passado, por volta dos anos 80, com a popularização dos microcomputadores. Muitas empresas instalavam seus computadores em

¹ Conjunto de páginas da internet, ou seja, hipertextos acessíveis geralmente pelo protocolo HTTP.

qualquer lugar, sem as devidas preocupações com detalhes técnicos importantes para seu bom funcionamento. Na medida em que a utilização desses computadores foi se ampliando, as operações cresceram em complexidade, demandando a grande necessidade de as empresas terem um maior controle sobre os recursos de TI. Com a evolução das redes de computadores e o aparecimento da tecnologia cliente-servidor² nos anos 90, os microcomputadores sofreram uma divisão: foram separados os computadores que ficavam instalados nos diversos departamentos das empresas, chamados de estações de trabalho ou clientes, e os microcomputadores com maior poder de processamento, chamados servidores, que foram instalados em ambientes isolados ou salas de computadores específicas. O uso do termo “Centro de Dados”, aplicado a salas projetadas especificamente para computadores, começou a ganhar popularidade nesse momento (Datacenter Knowledge, 2010).

Com a popularização da *Internet*, as empresas iniciaram uma grande demanda por conexões rápidas e operações ininterruptas, visando a disponibilizar sistemas e a estabelecer presença na rede mundial. Muitas empresas passaram a construir complexos chamados “Centro de Dados de *Internet*”, os quais proveriam negócios com uma grande variedade de soluções, disponibilizando sistemas e operações. Novas tecnologias e práticas foram desenvolvidas para manusear a escala e os requisitos operacionais das operações em larga escala (Datacenter Knowledge, 2010).

A partir de 2005, houve uma mudança significativa nas preocupações dos responsáveis pelas áreas de TI, quanto à infraestrutura, passando-se a focar a eficiência energética como parte dos fatores preponderantes no planejamento e implantação de estruturas físicas de Centros de Dados. O *Data Center Users’ Group*³ identificou, então, as seguintes preocupações específicas junto a profissionais da área de TI: aquecimento e densidade de energia: 78%; disponibilidade: 57%; limitações de espaço: 39% (Martini, 2010).

Em 2007, a mesma pesquisa apontou como preocupações principais as seguintes: aquecimento: 64%; densidade de energia: 55%; eficiência energética: 39%; disponibilidade: 33% ; limitações de espaço: 29%.

Segundo Martini (2010 p. 3), essa nova visão é plenamente explicável por vários fatores; são eles:

² Modelo de processamento de informações utilizando computadores interligados por redes composto de computadores de menor porte chamados clientes, destinado a utilização pelos usuários, e computadores de maior porte chamados servidores, destinados a concentrar as informações assim como processá-las.

³ Grupo de usuários de Centro de Dados patrocinado pela Emerson Network Power. <http://www.datacenterug.org>

- O volume de processamento cresce e assim a participação dos equipamentos de TI no perfil de consumo de energia das empresas idem, tornando-o significativo.
- As soluções de alta densidade, como servidores blades⁴ ou pizza-box⁵ (1U)⁶ estão cada vez mais presentes.
- A relação entre o investimento inicial e o custo operacional (Capex / Opex) fica muito próxima ao longo de 5 a 10 anos.
- As empresas estão engajadas em ações de sustentabilidade e eficiência energética.

A observação a tais fatores em projetos de infraestrutura significa que um Centro de Dados (Martini, 2010 p. 4):

- Deve ser confiável com disponibilidade adequada ao tipo de operação (24x7 ou 8x5).
- Deve possuir capacidade (elétrica e climatização) de forma escalável, permitindo crescimento gradual, sem ociosidade que acarrete em prejuízo financeiro e baixa eficiência energética.
- As soluções devem ser determinadas com foco na eficiência energética.

Também foi a partir de 2007, que o projeto de Centros de Dados, sua construção e sua operação se tornaram uma disciplina conhecida. Padrão de documentos credenciados por grupos profissionais, como a *Telecommunications Industry Association (TIA)*⁷, especificaram os requisitos de projeto, bem como métricas operacionais destinadas a avaliar o impacto de falhas no negócio. Ainda há muito a ser feito na prática, referente à operacionalização e também ao projeto do ambiente de Centro de Dados, cujas construção e manutenção são bastante dispendiosas.

A evolução dos Centros de Dados alavancou o surgimento de padronizações internacionais, elaboradas por grupos de profissionais de credibilidade no mercado, tais como:

- TIA-942 – Padronização oferecida para infraestrutura de Centro de Dados que aborda o seguinte (TIA, 2005): localização e *layout*, Infraestrutura de cabeamento, confiabilidade e considerações ambientais;

⁴ Servidores em lâminas dispostos em gabinetes específicos.

⁵ Servidor de 1U apelidado de *pizza-box* pelo formato apresentado similar a uma caixa de pizza.

⁶ U = Unidade de medida (44,45mm) utilizada para medir a altura de um servidor instalado em um *rack* padrão de 19".

⁷ <http://www.tiaonline.org>

- *Uptime Institute*⁸ – Consórcio dedicado a prover melhores práticas e comparações de desempenho de Centros de Dados, com o intuito de melhorar seu projeto e manuseio;
- SS507 (BC/DR)⁹ – Padronização oferecida para provedores de serviços referente a continuidade dos negócios e recuperação de desastres (BC/DR) (Singapore Standard, 2004);
- ISO/IEC¹⁰ 24762:2008 – Padronização oferecida com objetivo de apoiar o funcionamento de um Sistema de Gestão da Segurança da Informação, fornecendo orientações sobre provisionamento de informações e tecnologias de comunicações de serviços de recuperação de desastres como parte da gestão de continuidade de negócios (ISO/IEC, 2008);
- ISO/IEC 20000:2005 (Com base na BS 1500011) – Padronização oferecida com o objetivo de apoiar o gerenciamento dos serviços de TI (ISO/IEC, 2005).

Uma preocupação constante das empresas altamente dependentes de sistemas de informações é quanto à continuidade dos negócios. Se o sistema ficar indisponível, elas podem ser prejudicadas com suas operações interrompidas completamente. É necessário fornecer uma infraestrutura confiável para as operações de TI, de modo a minimizar qualquer possibilidade de rompimento. Em 2002, nos Estados Unidos, entrou em vigor a Lei *Sarbanes-Oxley* (SOX)¹², que introduziu alterações importantes para a regulação da governança corporativa, bem como as práticas financeiras das empresas, definindo uma série de prazos não negociáveis para seu cumprimento (Addison-Hewitt Associates, 2006).

Com a SOX em vigor, toda empresa com ações listadas nas bolsas de valores dos Estados Unidos passaram a se adequar aos critérios desta lei, o que as levou a investirem pesadamente em seus Centros de Dados, para garantir a continuidade dos negócios.

O *Uptime Institute* publicou um documento classificando a disponibilidade e confiabilidade dos Centros de Dados em quatro níveis (*tiers*), com recomendações sobre arquitetura, segurança, eletricidade, mecânica e telecomunicações (Uptime Institute, 2010):

- Nível 1 – básico, com disponibilidade de 99.671%. Suas características são: susceptibilidade a interrupções, planejadas ou não planejadas; fornecimento único

⁸ <http://www.uptimeinstitute.org>

⁹ <http://www.standards.org.sg>

¹⁰ <http://www.iso.org>

¹¹ <http://www.bsigroup.com>

¹² <http://www.soxlaw.com/index.htm>

de energia; ausência de componentes redundantes para os sistemas de eletricidade e refrigeração (N); pode possuir ou não piso elevado, UPS (*Uninterruptible Power Supply*), e ou geradores; pode ser implementado em até 3 meses; possui tempo de parada anual de até 28,8 horas; necessita ser completamente desligado para efetuar manutenções preventivas.

Esse nível de Centro de Dados é adequado para negócios pequenos, nos quais a TI está voltada principalmente para os processos internos; para companhias nas quais a *internet*¹³ funciona como uma ferramenta passiva de *marketing*; para as companhias que inicialmente desenvolvem uma atividade virtual, sem compromissos ainda com os respectivos serviços (Uptime Institute, 2010);

- Nível 2 – componentes redundantes, com disponibilidade de 99.741%. Suas características são: menor susceptibilidade a interrupções, tanto planejadas ou não planejadas; fornecimento único de energia; possui componentes redundantes para os sistemas de eletricidade e refrigeração (N+1); piso elevado, UPS e geradores; pode ser implementado de três a seis meses; tempo de parada anual de até 22,0 horas; o sistema de energia elétrica e de outras partes da infraestrutura necessita ser desligado durante manutenções preventivas.

Esse nível é mais indicado para negócios desenvolvidos por companhias virtuais que não sofram penalidades financeiras devido ao compromisso com a qualidade do serviço; para negócios pequenos, nos quais o próprio nível da TI é geralmente limitado, podendo ser desligado no horário estabelecido; empresas de pesquisa e de desenvolvimento comercial, sem obrigação de entrega *on line* ou *real time* (Uptime Institute, 2010);

- Nível 3 – manutenção sem paradas, com disponibilidade de 99.982%, com: atividades planejadas sem interrupção do funcionamento dos equipamentos de TI, mas eventos não planejados ainda podem causar interrupções; fornecimento redundante de energia e refrigeração; componentes redundantes para os sistemas de eletricidade e refrigeração (N+1); piso elevado, UPS e geradores; pode ser implementado de 15 a 20 meses; tempo de parada anual de até 1,6 horas; o sistema de energia elétrica e de outras partes da infraestrutura não necessita ser desligado durante manutenções preventivas.

¹³ Rede mundial de computadores.

Tal nível é adequado para clientes que dão suporte a clientes internos e a externos, como *help desk*¹⁴, podendo ter curtos períodos de parada; empresas cujos negócios dão suporte ou suportam processos automatizados e aplicações, sendo administrável a queda do sistema (Uptime Institute, 2010);

- Nível 4 – tolerância a falhas, com disponibilidade de 99.995%: atividades planejadas sem interromper o funcionamento dos equipamentos de TI; suporta eventos críticos não planejados sem causar impactos; fornecimento redundante de energia e refrigeração; componentes redundantes para os sistemas de eletricidade e refrigeração (2N); piso elevado, UPS e geradores; pode ser implementado de 15 a 20 meses; tempo de parada anual de até 0,4 horas.

Esse nível 4 é apropriado para empresas grandes, presentes no mercado internacional e com disponibilidade de serviço em mercado altamente competitivo; negócios de *e-commerce*¹⁵ e de *marketing* (Uptime Institute, 2010).

2.1 Caracterização Física de um Centro de Dados

Um Centro de Dados é composto de múltiplos subsistemas. A energia elétrica é fornecida tanto por concessionárias de distribuição, como por um sistema interno de geração de energia. Ela é condicionada e transformada internamente antes de ser entregue para a sala de computadores (Patel, et al., 2005).

O sistema de refrigeração provê um fluxo contínuo de água gelada, para uso nas unidades de ar condicionado da sala de computadores. Praticamente toda energia fornecida para os equipamentos eletrônicos da sala de computadores é dissipada em forma de calor, o qual é removido pelo sistema de refrigeração. Adicionalmente, além dos equipamentos internos de rede, o Centro de Dados também deve prover conectividade de rede, para habilitar a comunicação de dados com o mundo externo (Patel, et al., 2005). A Figura 2.1 tipifica a infraestrutura física de um Centro de Dados tradicional e seus principais componentes.

¹⁴ Serviço de apoio a usuários para suporte e resolução de problemas técnicos em informática.

¹⁵ Comércio Eletrônico.

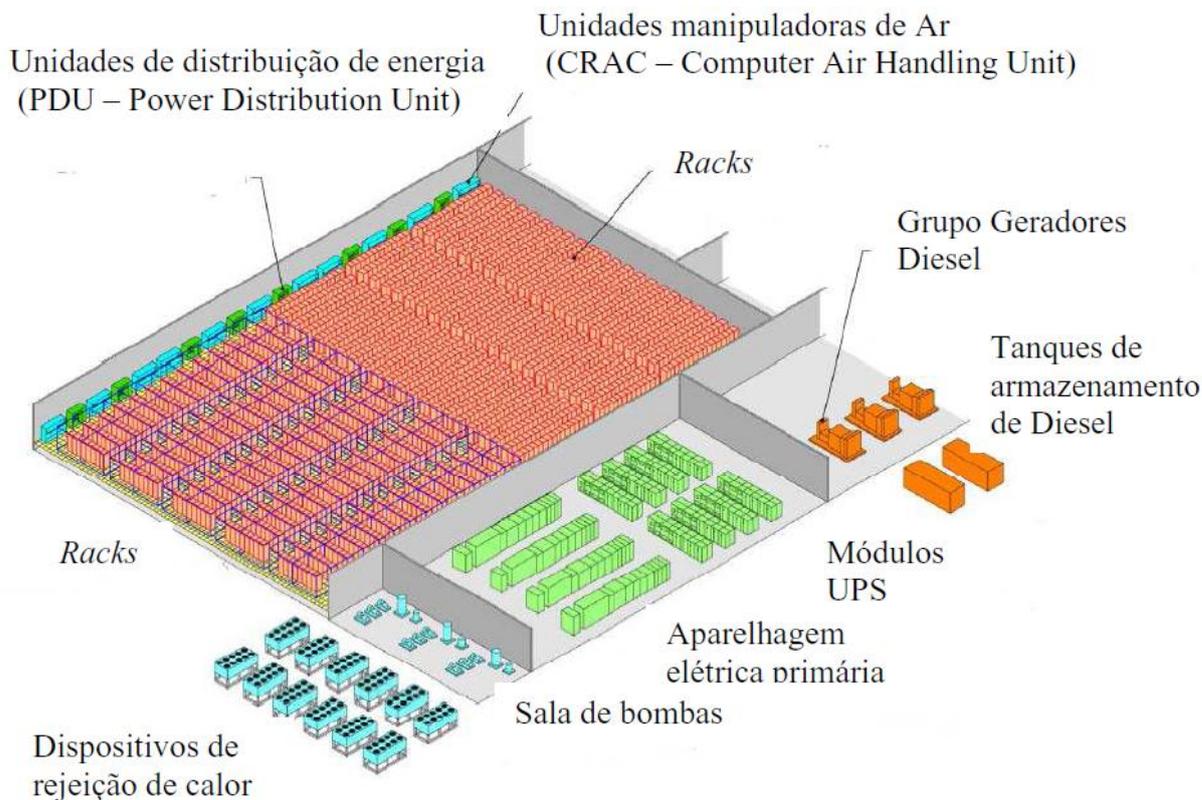


Figura 2.1: Infraestrutura típica de um Centro de Dados Tradicional.
 Fonte: Barroso, et al.(2009)

Segundo Patel, et al. (2005), um Centro de Dados é composto de 3 subsistemas básicos, sendo: de energia elétrica, que inclui equipamentos de transformação, condicionamento e redundância; de refrigeração, que inclui a central de *chillers*, o conjunto de bombas, os CRACs, compressores, umidificadores, condensadores e etc.; de conectividade de dados e monitoração, que inclui os sistemas de detecção e supressão de incêndio, segurança física e lógica, NOC (Network Operation Center), etc..

2.1.1 Eficiência energética de um Centro de Dados

Historicamente, os Centros de Dados foram concebidos com grandes tolerâncias operacionais e alterações da capacidade, incluindo uma futura expansão. Mas muitos projetos atuais demonstram que tais práticas estão ultrapassadas, pois levam à ineficiência do consumo de energia elétrica. Na maioria dos casos, apenas uma pequena fração da energia elétrica que alimenta um Centro de Dados é consumida pelos sistemas de TI, o restante da energia é consumida pelos demais subsistemas que compõem um Centro de Dados, sendo que uma

parcela desta energia e perdida devido a ineficiência de alguns componentes. A maioria dos Centros de Dados em funcionamento atualmente consomem quantidades significativas de energia, em geral para fornecer níveis mais elevados de confiabilidade. Além disso, os sistemas de TI são executados freqüentemente em uma baixa média de utilização da capacidade de processamento disponível dos servidores (European Commission, 2008).

Um maior abastecimento, garantindo a disponibilidade e os custos associados era considerado uma atribuição do departamento de TI. No entanto, com os preços crescentes da energia já não é este o caso, e a questão do consumo de energia a nível individual do Centro de Dados está se tornando cada vez mais importante, pois o gasto operacional e o impacto ecológico da energia consumida começam a desempenhar um papel cada vez importante no custo total de propriedade dos Centros de Dados. Evidências preliminares e a vontade crescente de fabricantes e fornecedores para competir em bases da eficiência energética em Centros de Dados confirmam que há ganhos de eficiência (por exemplo, simplesmente usando as tecnologias existentes de gestão de energia) que podem reduzir o Custo Total de Propriedade (TCO) (European Commission, 2008).

Eficiência energética tem sido um direcionador de tecnologia em diversas áreas a algum tempo, mas na computação de propósito geral é um assunto ressoante (Barroso, et al., 2009).

Barroso et al, (2009) explica que a eficiência energética de um Centro de Dados é amplamente definida como a quantidade de processamento efetuada dividido pelo total de energia utilizado no processo, e que ainda não existe uma métrica definida e padronizada para esta medição.

Melhorar a eficiência energética de um Centro de Dados representa um grande desafio, o qual exige uma complexa coordenação de inúmeros componentes para se atingir um resultado satisfatório. Os custos operacionais relacionados à ineficiência dos subsistemas de energia elétrica e refrigeração são dois dos maiores problemas enfrentados pelas organizações de TI hoje em dia, e empresas em pleno crescimento precisam de uma maneira eficiente de controlar esses custos para permitir uma expansão futura. Melhorar a eficiência energética dos Centros de Dados permitirá as empresas altamente dependentes de tecnologia um melhor gerenciamento das demandas por processamento, comunicação de dados, armazenamento de informações, reduzindo o custo total de propriedade (TCO), possibilitando que estas empresas se mantenham competitivas e com capacidade para atender às necessidades geradas pelos negócios futuros (Barroso, et al., 2009).

A busca pela eficiência energética em Centro de Dados impulsiona o surgimento de organizações sem fins lucrativos, as quais trabalham para definir e recomendar melhores práticas, criação de métricas e recomendação de tecnologias destinadas a melhorar a eficiência dos Centros de Dados em geral.

Como exemplo, tem-se a *Green Grid*¹⁶, que publicou um documento sugerindo métricas que possibilitem medir a eficiência, assim como comparar a mesma entre Centros de Dados.

2.1.1.1 Virtualização

Uma técnica que vem ganhando mercado como uma grande aliada à melhoria da eficiência energética dos Centros de Dados é a virtualização.

Utilizando a virtualização de servidores, torna-se possível a subdivisão de uma máquina física em várias máquinas lógicas, as quais funcionam como se fossem máquinas independentes, cada qual com seus sistemas operacionais, CPU's, memórias e outros.

Algumas empresas se especializaram em fornecer soluções que permitam a virtualização de servidores, sendo que para a plataforma x86, as duas soluções mais conhecidas são VMWARE¹⁷ e XEN¹⁸. A primeira é uma solução proprietária, e a segunda uma solução de código aberto.

Estudos mostram que a maioria dos servidores instalados em Centros de Dados funcionam atualmente com suas capacidades de processamento subutilizadas. Um levantamento recente, efetuado pela *Symantec Corporation*¹⁹ nos Centros de Dados da empresa enfocada neste trabalho, coletou informações de 1990 servidores durante 3 meses, entre outubro de 2009 e dezembro de 2009 é os dados, conforme mostrados na Tabela 2.1, os dados coletados comprovam essa afirmação, uma vez que 59% desse servidores estiveram com média de utilização de CPU abaixo de 5% (Dados, 2010).

¹⁶ [http:// www.thegreengrid.org](http://www.thegreengrid.org)

¹⁷ <http://www.vmware.com>

¹⁸ <http://www.xen.org>

¹⁹ <http://www.symantec.com>

Tabela 2.1: Utilização média de CPU por servidor
 Fonte: Dados (2010)

Média de utilização de CPU	Quantidade de servidores	%
< 5%	1173	59
5 - 20%	497	25
20 - 50%	239	12
50 - 75%	43	2
> 75%	38	2
Total de Servidores	1990	100

A Figura 2.2 mostra uma coleta de informações em servidores do Google comparando a carga de processamento ao consumo de energia elétrica, durante o processamento.

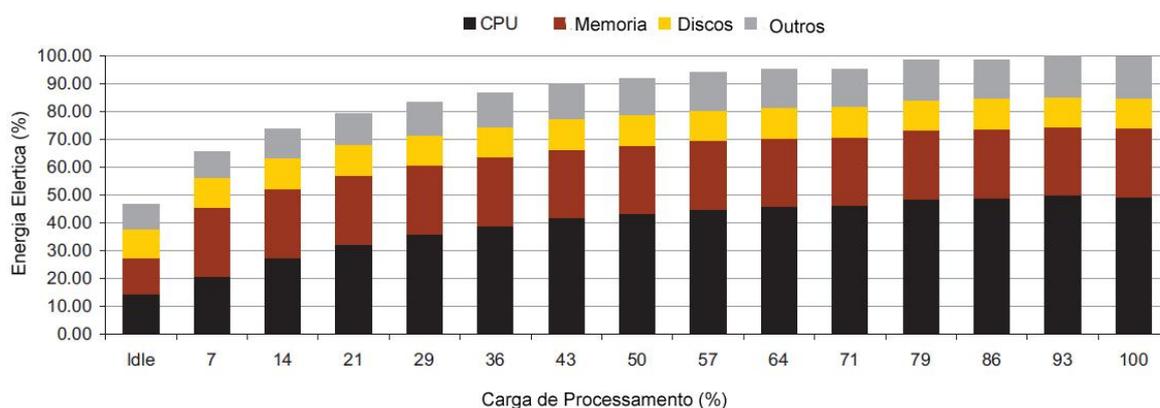


Figura 2.2: Carga de processamento *versus* energia elétrica consumida.
 Fonte: Barroso, et al. (2009).

Analisando os dados coletados na Tabela 2.1 e as informações de consumo de energia em faixas de processamento da Figura 2.2, fica fácil verificar que a virtualização de servidores pode melhorar consideravelmente a eficiência energética de um Centro de Dados. Isso porque 59% dos servidores físicos, que trabalham a uma baixa carga de processamento podem ser consolidados em servidores virtuais ocupando menos espaço físico e utilizando melhor a energia, já que a carga de processamento ficará mais alta melhorando a relação entre energia consumida e carga de processamento executada nos servidores físicos que hospedarão os servidores virtuais.

Segundo Poniowski (2010), não existe tecnologia mais impactante em endereçar os problemas de aumento de energia e custos com refrigeração exigidos pela moderna infraestrutura dos Centros de Dados do que a virtualização.

Poniowski (2010) confirma a constatação de que uma grande parte dos servidores físicos em funcionamento nos Centros de Dados atualmente trabalha a uma baixa carga de processamento. Ele vai mais além, afirmando que o uso da virtualização pode reduzir o consumo de energia elétrica em um Centro de Dados entre 25 e 30%, devido à possibilidade de consolidação de vários servidores (às vezes obsoletos e com baixa carga de processamento) em um único servidor, o qual irá trabalhar com uma eficiência maior no consumo de energia.

Além de servidores, a tecnologia de virtualização atual permite virtualizar outros componentes de um Centro de Dados, tais como, dispositivos de armazenamento de dados, *backup* e outros.

O assunto de virtualização é extenso e merece um estudo à parte, não fazendo parte do escopo deste trabalho, isto porque, na análise de ampliação da infraestrutura física de um Centro de Dados, comparando um modelo híbrido com um modelo modular, assume-se que a capacidade disponível de potência elétrica e de refrigeração para os dois modelos será constante, permitindo a instalação da mesma quantidade de servidores e demais equipamentos de TI necessários ao funcionamento de um Centro de Dados.

2.1.1.2 Evolução tecnológica

A TI evoluiu consideravelmente nos últimos 60 anos. Hoje, com menos de R\$ 1.000,00 (um mil reais), pode-se comprar um computador pessoal com mais poder de processamento e de armazenamento do que um computador comprado em 1985, por quase R\$ 2.000.000,00 (dois milhões de reais) (Hennessy, et al., 2007).

A Figura 2.3 mostra a evolução no desempenho de processadores em 25 anos. O processador Intel Xeon de 64-bits com 3.6GHz lançado em 2006 teve um desempenho 6.505% superior ao VAX 11/780 de 1978.

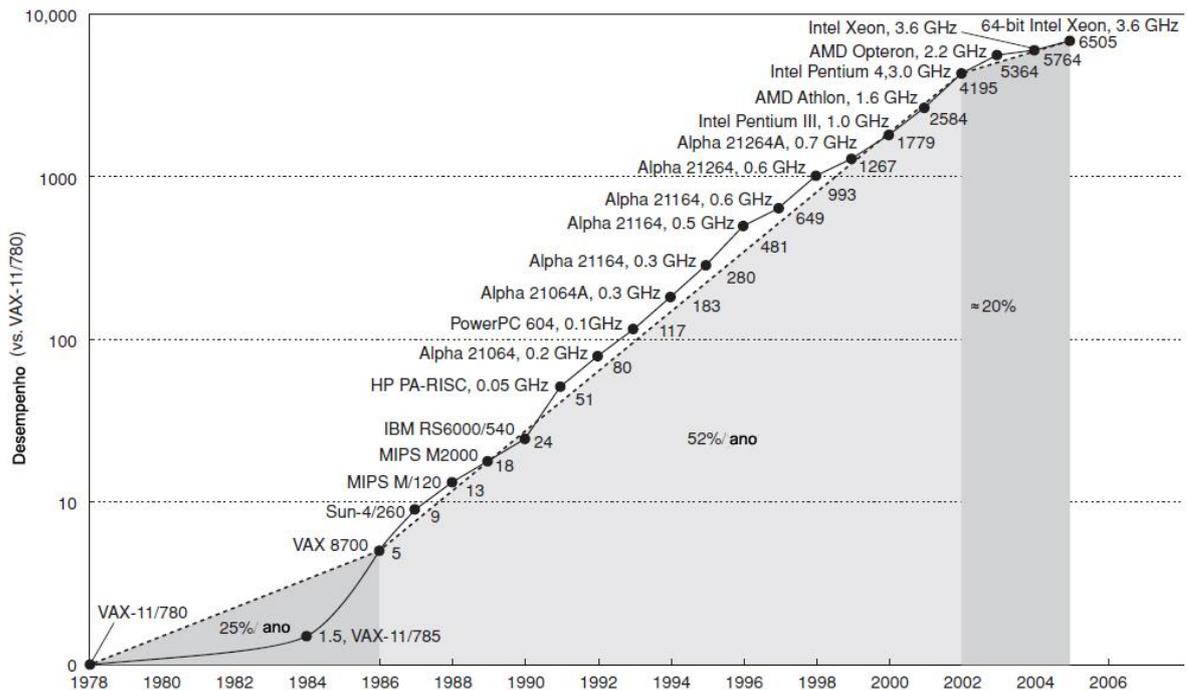


Figura 2.3: Evolução no desempenho dos processadores em 25 anos
 Fonte: (Hennessy, et al., 2007)

Hennessy, et al. (2007) cita algumas tendências na evolução tecnológica de alguns componentes eletrônicos, que são:

- Tecnologia lógica de circuitos integrados – A densidade dos transistores aumenta por volta de 35% ao ano. O efeito do aumento na densidade dos transistores é o crescimento na quantidade de transistores nos processadores por volta de 40 a 55% ao ano.
- Memória DRAM (dynamic random-access memory) – Aumento na capacidade de aproximadamente 40% ao ano.
- Tecnologia de discos magnéticos – Antes de 1990 a densidade dobrava a cada três anos. Por volta de 1996 até 2004, a densidade aumentava em 100% ao ano, e desde 2004 a densidade voltou a aumentar em 30% por ano.

Essa evolução tem impacto direto na utilização da infraestrutura física de um Centro de Dados, pois com o aumento na densidade nos componentes e também no aumento de desempenho, esses passam a utilizar menos espaço físico, mais energia elétrica e conseqüentemente maior necessidade de refrigeração.

2.1.2 Subsistema de energia elétrica

O objetivo desse subsistema é atender a operação do Centro de Dados 24 horas por dia, sete dias por semana, considerando as condições para manutenção preventiva, o

acréscimo de novos componentes e a reposição operacional, após interrupções não programadas (Brancato, 2003).

Segundo Brancato (2003), o subsistema de energia elétrica de um Centro de Dados é constituído pelo: Sistema Ininterrupto de Energia (UPS), Sistema de Energia de Emergência (Grupo Geradores) e as Unidades de Distribuição de Potência (PDU).

Barroso, et al. (2009) explica que um UPS tipicamente combina três funções em um mesmo sistema, sendo elas:

- Contém uma chave de transferência, a qual escolhe a entrada de potência ativa (proveniente das concessionárias de fornecimento de energia elétrica ou do grupo gerador de energia). Após a falha no fornecimento de energia, a chave de transferência identifica quando o grupo gerador estiver ativo e pronto para fornecer energia; tipicamente um gerador leva de 10 a 15 segundos para entrar em operação;
- Um UPS geralmente possui baterias para garantir o fornecimento de energia durante o tempo de falha no fornecimento de energia pela concessionária e a entrada em operação do grupo gerador;
- Um UPS condiciona a energia de entrada, removendo picos de voltagem e distorções harmônicas na corrente alternada. Este condicionamento é naturalmente alcançado através dos estágios de dupla conversão, de AC (Corrente Alternada) para DC (Corrente Contínua) para AC.

O sistema ininterrupto de energia (UPS) tem a função de fornecer energia para todos os equipamentos do Centro de Dados, incluindo equipamentos de segurança, de detecção e de alarme de incêndio. É composto por conjuntos de baterias (*no-breaks*), retificadores e inversores. No-Breaks redundantes ligados em paralelo asseguram o suprimento contínuo de energia por tempo suficiente, até que o sistema de energia de emergência (geralmente Grupo Geradores Diesel) entre em funcionamento. As unidades de distribuição de potência (PDU) são responsáveis pelo condicionamento do sinal de alimentação dos vários equipamentos do Centro de Dados (Brancato, 2003).

De acordo com Patel, et al. (2005), diferentes técnicas podem ser usadas para a geração de energia elétrica interna em um Centro de Dados. Tais técnicas eliminam a dependência das concessionárias de distribuição de energia elétrica, além de possibilitar a criação de um sistema sobressalente de energia, em situações nas quais a energia é muito cara ou não confiável. A produção de energia elétrica interna no Centro de Dados é mais comumente alcançada através de Grupo Geradores a diesel. A Figura 2.4 mostra uma infraestrutura típica de fornecimento de energia elétrica.

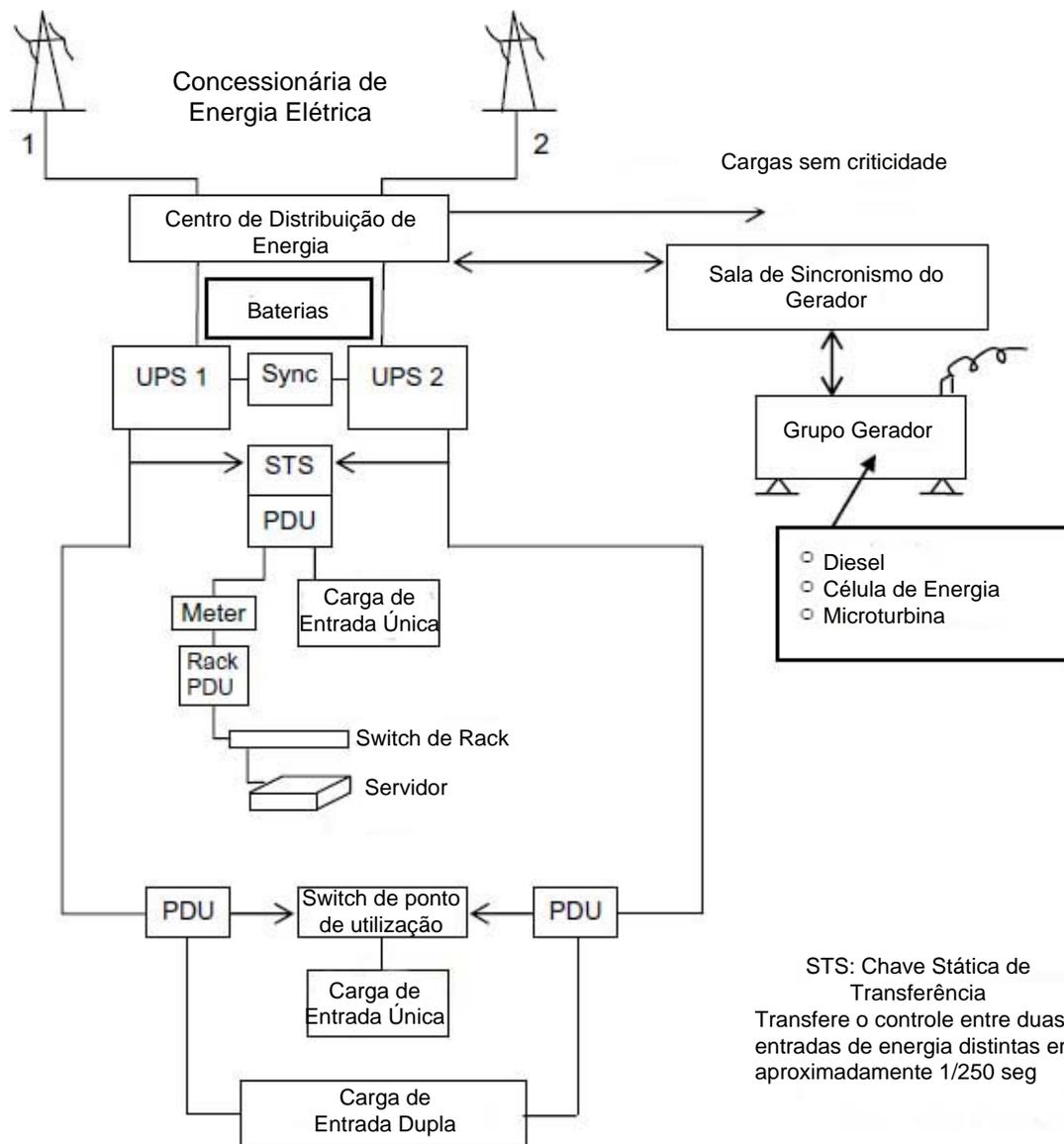


Figura 2.4: Sistema de distribuição de energia elétrica em um Centro de Dados
Fonte: Patel, et al. (2005)

2.1.3 Subsistema de refrigeração

Calor é simplesmente uma forma de energia. Em um Centro de Dados, o calor é produzido sempre que a energia elétrica é consumida por equipamentos de TI. Com pequenas exceções, mais de 99% da eletricidade usada para alimentar equipamentos de TI é convertida em calor, o qual necessita ser retirado do recinto para garantir o perfeito funcionamento dos equipamentos eletrônicos (Evans, 2010).

Segundo Evans (2010), o processo responsável pela retirada do calor da sala de equipamentos de TI em um Centro de Dados é o mesmo utilizado há mais de 100 anos e é chamado de Ciclo de Refrigeração.

Um ciclo de refrigeração é constituído de quatro etapas (Stanford III, 2003):

1. **Compressão**, que funciona quando, utilizando energia mecânica, um gás refrigerante de baixa pressão é comprimido, elevando sua pressão. Comprimir o gás faz com que sua temperatura, correspondentemente, se eleve;
2. **Condensação**, quando o gás, em alta pressão e temperatura elevada, é arrefecido por ar externo ou água, que serve como um dissipador de calor, e se condensa numa forma líquida em alta pressão;
3. **Expansão**, que ocorre quando o líquido condensado em alta pressão flui através de um orifício na válvula de expansão, reduzindo assim a pressão. Uma pequena porção do líquido se transforma em gás durante a redução da pressão;
4. **Evaporação**, isto é, o líquido em baixa pressão absorve o calor do ar em recintos fechados ou da água e evapora para a forma de gás novamente. O gás em baixa pressão flui para o compressor e o processo se repete.

A Figura 2.5 demonstra a interação das fases do ciclo de refrigeração.

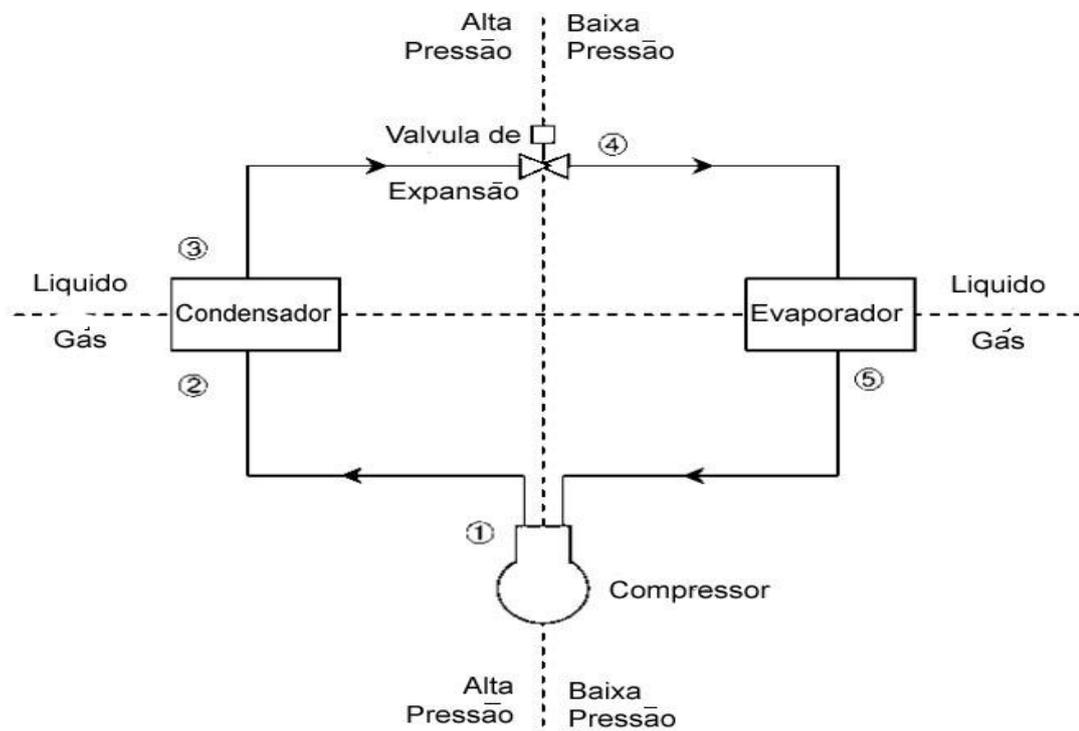


Figura 2.5: Fases do Ciclo de Refrigeração
Fonte: (Stanford III, 2003)

A Figura 2.6 mostra uma configuração típica de um sistema de refrigeração em um Centro de Dados com piso elevado, corredores frios e quentes, *racks* de servidores, sensores de temperatura e CRACs (*Computer Room Air Conditioning*).

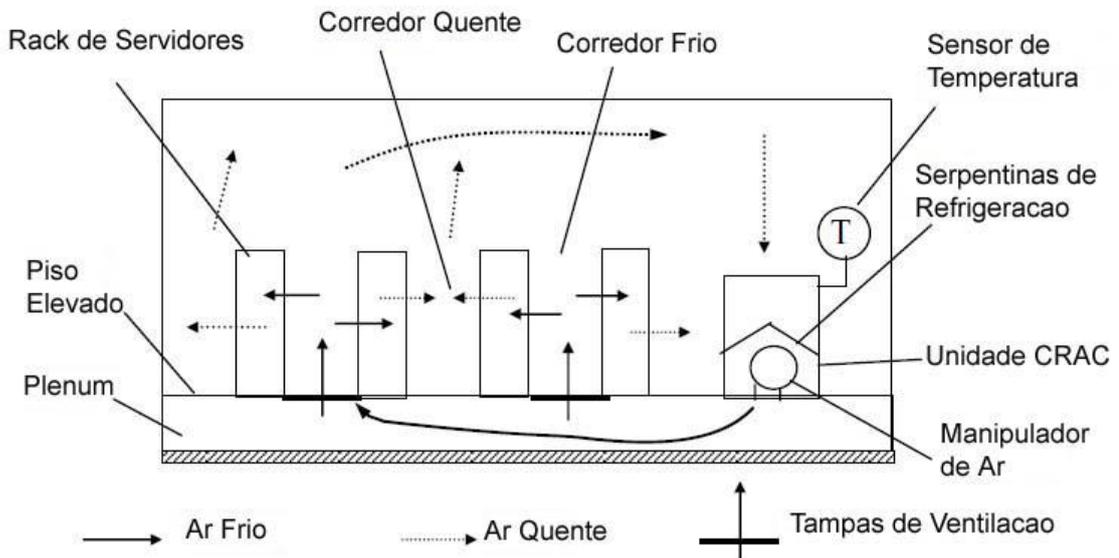


Figura 2.6: Configuração típica de refrigeração para Centro de Dados Tradicional
Fonte: (Patel, et al., 2005)

As unidades *Computer Room Air Conditioning* (CRAC) pressurizam o *plenum*²⁰ bombeando ar gelado, o qual escapa pelos orifícios existentes nas placas do piso na frente dos *racks* fluindo pelos servidores, os quais expõem ar quente pelo lado de trás. Os *racks* são dispostos em grandes corredores alternados entre corredores quente e corredores frios, para evitar a mistura de ar quente com ar frio (Barroso, et al., 2009).

2.1.3.1 Capacidade de refrigeração

O ICOR (2007) classifica a capacidade de refrigeração para Centro de Dados da seguinte forma:

- Capacidade de refrigeração típica em um centro de dados tradicional: 3kW por *rack*;
- Ar frio canalizado por ventiladores nos *racks*: 5-6 kW por *rack*;
- Exaustores de ar quente no *rack*: 6-7 kW por *rack*;
- *Rack* refrigerado a água: 18-25kW por *rack*;

²⁰ Espaço localizado abaixo do piso elevado, pelo qual é bombeado ar frio para a sala de computadores em um Centro de Dados.

2.1.4 Subsistema de conectividade de rede, segurança, proteção contra incêndio, monitoração.

Alem dos subsistemas de energia elétrica e refrigeração um Centro de Dados também possui outros subsistemas de vital importância que são:

- Subsistema de conectividade de rede, responsável pela conectividade, tanto dos servidores internos no Centro de dados, quanto com o mundo exterior;
- Subsistema de segurança física, responsável pelo controle de acesso de pessoas ao Centro de Dados;
- Subsistema de segurança lógica, o qual controla o acesso aos dados e a conectividade com o mundo exterior;
- Subsistema de proteção contra incêndio, o qual monitora e controla o Centro de Dados para evitar ou conter incêndios;
- Subsistema de monitoração, o qual acompanha e controla o desempenho e a disponibilidade dos equipamentos, entre outros;

Obviamente, esses subsistemas podem evitar prejuízos significantes para um Centro de Dados, particularmente em casos de desastre (Patel, et al., 2005). Por exemplo, em caso de incêndio, depois de contido, as partículas de fumaça depositadas em discos ou superfícies de fitas podem tornar irrecuperáveis os dados ali armazenados (Intra Computer Inc, 2005).

Em nosso trabalho iremos assumir que os subsistemas de conectividade de rede, segurança, proteção contra incêndio, monitoração serão constantes nos tipos de ampliação de infraestrutura de Centro de Dados a serem estudados, ou seja, serão exatamente iguais, demandarão a mesma potência elétrica e produzirão a mesma carga térmica.

O foco de nosso trabalho será concentrado no entendimento e dimensionamento dos subsistemas de energia elétrica e refrigeração, os quais serão abordados detalhadamente no Capítulo 3.

2.2 O Centro de Dados Modular

Martini (2010 p. 7) afirma que “ Se as tecnologias de TI evoluem rapidamente, um prédio para Data Center deve ser projetado para pelo menos 20 anos de vida útil.”

Mas para aqueles que não se encontram ainda nesse tipo de projeto, a solução é o crescimento modular, “seja tanto em área construída e equipada quanto na filosofia dos sistemas, pois as exigências mudam. Na virada do século tínhamos *racks* com servidores tipo

torre²¹ (2~3 kW/rack), depois os 1U²² (6~8 kW/rack, agora *blades*²³ (15~18 kW/rack) e supermáquinas com até 60~80 kW/rack”.

O sistema de Centro de Dados modular vem ganhando espaço no mercado. Como exemplo, pode-se citar duas grandes empresas americanas, Google e Microsoft, que já utilizam Centro de Dados modulares em *containers*. Respectivamente, esses centros de Dados têm a seguinte capacidade operacional: 45.000 servidores em 45 *containers* e um consumo de energia de 10MW para a carga dos equipamentos de TI (Google, 2009); 250.000 servidores em 100 *containers*, com um consumo total de energia de 30MW atual e possibilidade de expansão para 60MW no futuro de energia para a carga dos equipamentos de TI (Microsoft Global Foundation Services, 2010). Tanto a Microsoft quanto o Google, resolveram adotar soluções modulares para as salas de computadores, utilizando *containers*, e soluções típicas para os subsistemas de energia elétrica e refrigeração, construindo assim, Centros de Dados híbridos.

Segundo Barroso, et al. (2009), o sistema de Centro de Dados em *container* está um passo a frente do sistema de refrigeração em *racks*, visto que os *racks* de servidores são montados em *containers* padrão com uma infraestrutura proprietária de distribuição de energia e refrigeração, visando a utilização de altas densidades de energia elétrica por *rack* juntamente com uma capacidade de refrigeração que suporte esta densidade.

Um sistema de Centro de Dados em *container* prove todas as funções de um Centro de Dados típico, só que em um ambiente menor e controlado, proporcionando uma melhor eficiência energética (Barroso, et al., 2009).

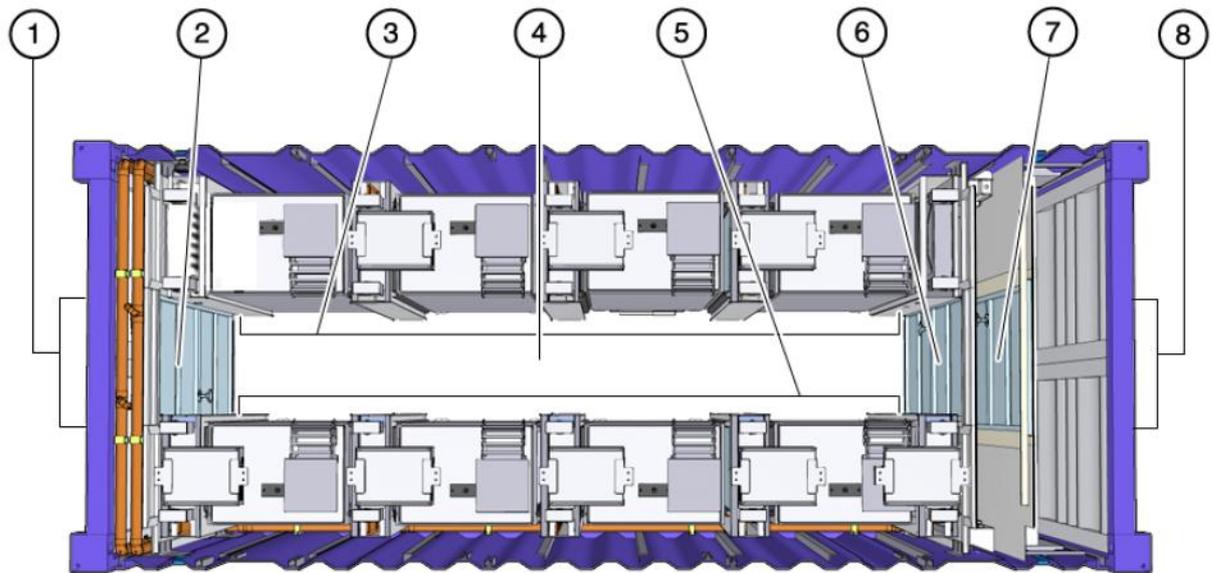
Considerando as palavras de Martini (2010) quanto à solução de crescimento de Centros de Dados por meio do sistema modular, deve-se, primeiro, avaliar o Centro tradicional ou outro, dimensionando suas estruturas totais, para posteriormente projetar o referido sistema modular.

A Figura 2.7 mostra o *layout* típico de uma solução modular para Centro de Dados em *container*.

²¹ Servidores montados em gabinetes verticais parecidos com uma torre.

²² Servidores montados em gabinetes horizontais, medindo 44,45mm de altura, parecido com uma caixa de pizza.

²³ Servidores em laminas, dispostos em uma caixa composta de fontes de alimentação, exaustores, dispositivos de comunicação de dados, etc.



- | | |
|---|--|
| 1 - Portas externas dianteiras | 2 - Porta dianteira do corredor de serviço |
| 3 - Corredor de serviço (lado esquerdo) | 4 - Corredor de serviço (centro) |
| 5 - Corredor de serviço (lado direito) | 6 - Porta trazeira do corredor de serviço |
| 7 - Porta trazeira do <i>plenum</i> | 8 - Portas externas trazeiras |

Figura 2.7: Layout solução modular
Fonte: (Sun Microsystems/Oracle, 2009)

3 DIMENSIONAMENTO DOS SISTEMAS DE ENERGIA ELÉTRICA E DE REFRIGERAÇÃO PARA UM CENTRO DE DADOS

A incerteza dos requisitos durante o processo de planejamento para infraestrutura de Centros de Dados é um desafio insuperável que não pode ser resolvido sem prever o futuro. Dessa forma, a solução clara é fornecer infraestrutura de Centros de Dados e salas de TI que possam reagir à demanda imprevisível (Rasmussen, 2002).

De acordo com o Anexo A do *Code of Conduct on Data Centres Energy Efficiency Version 1.0*, de 2008 (European Commission, 2008), os princípios gerais de conduta relativos à energia elétrica de Centros de Dados são:

1. Os Centros e Dados são projetados de forma a minimizar o consumo de energia, sem impactar desempenho do negócio;
2. Os equipamentos dos Centros são concebidos para permitir a otimização da eficiência energética em face do cumprimento das metas operacionais ou serviços previstos;
3. Os Centros de Dados são projetados para permitir o controle de energia regular e periodicamente;
4. O consumo de energia dos Centros de Dados deve ser monitorado, sendo que no caso de grandes instalações ou edifícios pode ocorrer o consumo de energia adicional;
5. Os Centros de Dados e os seus equipamentos são projetados, especificados e adquiridos com base nas exigências de confiabilidade, disponibilidade e manutenção;
6. Os centros de dados devem ser concebidos para minimizar a energia utilizada e para remover o calor da instalação.

Os Centros de Dados requerem mais disponibilidade de energia elétrica do que a tipicamente fornecida pelas concessionárias. Enquanto essas geralmente fornecem energia com uma disponibilidade de aproximadamente 99,9%, que representa nove horas de indisponibilidade durante o ano, os Centros de Dados requerem disponibilidade de 99,9999%, que corresponde a 32 segundos de indisponibilidade por ano (Mitchell-Jackson, et al., 2001).

O levantamento de informações incorretas na fase de planejamento e de projeto de um Centro de Dados pode levar a um dimensionamento das necessidades de energia elétrica e de refrigeração muito acima do necessário.

Um estudo realizado na Universidade da Califórnia, em Berkeley, apontou dez razões pelas quais as previsões de consumo de energia em Centros de Dados costumam ser exageradas: definições e métricas utilizadas; potência nominal x potência real; capacidade instalada x capacidade utilizada; fontes de alimentação redundantes; redução na dimensão dos servidores; baixa ocupação de *racks*; previsão de altas cargas futuras; sistema de refrigeração superdimensionado; fatores de segurança; previsão otimista do número de Centro de Dados (Mitchell-Jackson, et al., 2001).

Martini (2010) se refere a um Centro de Dados eficiente, explicando, primeiro, que seu resultado depende da combinação e da aplicação de um conjunto de medidas que nascem no planejamento da produção em si. Ele tem como ponto inicial a consolidação das aplicações e do planejamento operacional de TI. Ele cita, nesse sentido, boas práticas que proporcionam uma significativa redução de investimentos e de custos operacionais. E como são aplicados em efeito cascata, no final, há uma redução em cadeia que é absorvida e representa um efetivo retorno dos recursos aplicados. Essas práticas representam, a médio e a longo prazo, redução de custos e, portanto são sempre viáveis. Ou seja, a diferença não esta em gastar mais ou menos, mas sim em fazer certo ou errado.

Para esse autor, os responsáveis por TI podem adotar as seguintes providências quanto à redução de custos com energia (Tabela 3.1):

Tabela 3.1: Providências para redução de custos com energia elétrica
Fonte: Martini (2010)

Procedimentos	Redução %
Especificar e adquirir processadores de baixo consumo	10
Especificar e adquirir servidores com fontes de alta eficiência	11
Ativar os recursos de <i>Power Management</i> dos computadores	8
Virtualização de servidores. Estudos mostram que 20% de virtualização pode resultar em 8% de redução de consumo de energia	8
Utilizar soluções de menor espaço, como blade servers	1
Planejar o arranjo em corredores quentes e frios evitando a mistura de ar quente/frio	1
Utilizar condicionadores de capacidade e vazão variável	4
Adotar alimentação 220 V~ 240 V, com UPS em 380~400 V, sem transformador	2

3.1 Subsistema de Energia Elétrica

O cálculo para o dimensionamento de um sistema de energia elétrica para Centros de Dados envolve variáveis complexas que necessitam de pessoas com capacitação especial para o respectivo levantamento. Mas o documento *White paper #3 – Calculating Total Power Requirements for Data Centers*, publicado pela *American Power Conversion (APC)* em 2004, apresenta um processo simples que pode ser utilizado por qualquer pessoa sem capacitação especial, para efeitos de estimativa de custos. Neste trabalho, utiliza-se esse método proposto pela APC, conforme detalhado a seguir.

Dimensionar um subsistema de energia elétrica para um Centro de Dados requer o entendimento da carga de potência de energia elétrica requerida pelos sistemas de refrigeração, UPS e a carga potência crítica necessária para os equipamentos de TI. Os requisitos da carga de potência desses elementos podem variar substancialmente de um projeto para outro, mas podem ser estimados com precisão com a utilização de simples regras, desde que sejam determinados os requisitos da carga necessária para os equipamentos de TI planejada. Além de estimar o dimensionamento da potência elétrica necessária, tais elementos podem ser usados para estimar a capacidade total de potência de saída de um sistema gerador de energia elétrica de contingência, caso um seja requerido para aumentar a disponibilidade dos equipamentos do Centro de Dados (Sawyer, 2004).

O processo de dimensionamento da carga de potência de energia elétrica proposto naquele documento tem início com um levantamento dos dados necessários ao dimensionamento. A finalidade é definir a topologia do serviço elétrico e de refrigeração requeridos (Ex.: N, N+1, 2N), de acordo com o tipo de processamento utilizado, com a disponibilidade requerida e outros.

Segundo Sawyer (2004), não importa se a topologia projetada para o sistema UPS será N, N+1, 2N; a questão principal referente ao provimento de energia suficiente para a carga crítica e à manutenção da refrigeração é a mesma. Um sistema com capacidade subdimensionada pode causar interrupções de energia, se for forçado a aumentar a capacidade. Já um superestimado demanda custo elevado na instalação inicial, além de alto custo de manutenção.

Para se dimensionar a potência do sistema elétrico necessária com capacidade para suportar um Centro de Dados, o documento *White paper #3* determina o levantamento das seguintes informações (Sawyer, 2004):

- **Carga crítica**, que é a potência total necessária para alimentar todos os equipamentos constantes do Centro de Dados. Ela pode ser determinada pelo somatório da potência nominal requerida informada para cada equipamento de TI. Visto que a potência nominal requerida informada nos equipamentos prevê sempre o pior caso, o documento sugere um fator de redução de 33% da potência nominal informada. O documento cita, também, a existência de calculadoras²⁴ com capacidade de fazer um cálculo mais preciso, segundo a configuração dos equipamentos;
- **Carga futura**, para a qual o documento sugere se fazer uma estimativa da potência futura requerida no Centro de Dados e adicionada à carga crítica levantada no item anterior. Prevê que um Centro de Dados, após o início das atividades, não possui uma carga estática, visto que os equipamentos estão em constante estado de mudança durante a vida útil do Centro de Dados. Equipamentos de informática necessitam de atualizações periódicas, as quais podem alterar a carga crítica inicialmente dimensionada;
- **Carga de UPS**, que tem como previsão de eficiência um valor realista e preciso de uma UPS, em uma instalação típica. Esse valor/percentual é de 88%, devido à necessidade de prever a carga das baterias no pior caso, podendo consumir até 20% da taxa de carga da UPS. Embora essa carga raramente ocorra, a potência elétrica disponibilizada ou gerada internamente deve ser dimensionada para suportá-la;
- **Carga de iluminação**, para a qual o documento cita como uma boa regra de dimensionamento a adoção de 21,5 watts por metro quadrado;
- **Carga de refrigeração**, para cujo dimensionamento é sugerida a adoção de uma regra simples, qual seja: depois de identificado o tipo de sistema de refrigeração adotado, aplica-se uma taxa de 70% do total do pico da carga de energia suportada para sistema de refrigeração, utilizando chiller e água ou 100% do total do pico da carga de energia suportada para sistemas de refrigeração de expansão direta.

Após o levantamento dos dados solicitados, preenchem-se as planilhas, modelos abaixo, com os respectivos dados (Tabela 3.2, Tabela 3.3).

²⁴ <http://www.apcc.com/template/size/apc/index.cfm>

Tabela 3.2: Estimativa da potência de um sistema de energia elétrica
 Fonte: Sawyer (2004)

Item	Dado requerido	Calculo	Subtotal em kW
Potência Elétrica requerida			
Carga crítica	Somatório da potência nominal requerida de todos os dispositivos eletrônicos de TI instalados no Centro de Dados	(subtotal em VA x 0,67) / 1000	#01 _____ kW
Para equipamentos não incluídos no calculo da carga crítica acima	Subtotal VA (com sistema anti-incêndio, sistemas de monitoramento, etc.)	(subtotal em VA x 0,67) / 1000	#02 _____ kW
Cargas Futuras	Subtotal da potência nominal requerida futura	(subtotal em VA x 0,67) / 1000	#03 _____ kW
Pico de potência devido a variação das cargas críticas	Total no estado estacionário das cargas críticas de potência	(#1 + #2 + #3) x 1,05	#04 _____ kW
Ineficiência das UPS e carga das baterias	Carga atual + carga futura em kW	(#1 + #2 + #3) x 0,32	#05 _____ kW
Iluminação	Total da área de piso do Centro de Dados	0,0215 x área em m ²	#06 _____ kW
Carga total de potência para suportar as demandas elétricas	Total dos itens #4, #5 e #6 acima	#4 + #5 + #6	#07 _____ kW
Potência de refrigeração requerida			
Potência total para suportar as demandas de refrigeração	Total do #7 acima	P/ sistemas chiller: #7 x 0.7 P/ sistema de expansão direta: #7 x 1.0	#08 _____ kW
Potência total requerida			
Potencia total para as demandas elétricas e de refrigeração	Total do #7 e #8 acima	#7 + #8	#09 _____ kW
Dimensionamento da estimativa do serviço elétrico			
Requisitos para atender as agencias reguladoras ou similares tais como a National Electrical Code	Total do # 9 acima	#9 x 1,25	#10 _____ kW
Voltagem AC fornecida na entrada	Voltagem AC		#11 _____ VAC
Serviço elétrico exigido da concessionária de fornecimento em Amps	Total do #10 e voltagem AC no #11	(#10 x 1000)/(#11 x 1,73)	_____ Amps

Tabela 3.3: Estimativa da potência de um sistema de energia elétrica de contingência
 Fonte: Sawyer (2004)

Dimensionamento estimado para geradores de contingência (se aplicável)			
Item	Dado requerido	Calculo	Subtotal em kW
Carga crítica que irá requerer gerador de contingência	Total do # 7 acima	#7 x 1,3	#11 _____kW
Carga e refrigeração que irá requerer gerador de contingência	Total do # 8 acima	#8 x 1.5	#12 _____kW
Dimensionamento requerido para o gerador	Total do #12 e #13 acima	#12 + #13	_____kW

3.2 Subsistema de Refrigeração

Manter a temperatura e a umidade relativa nas condições projetadas é fundamental para o bom funcionamento de uma sala de equipamentos de tecnologia. As condições ideais de funcionamento devem ficar entre 22 e 24°C (72 e 75 °F) para temperatura e entre 35% e 50%, para a umidade relativa. Oscilações bruscas de temperatura são tão prejudiciais quanto as condições ambientais inadequadas ao funcionamento de equipamentos eletrônicos (APC, 2003).

Essa é uma das razões pelas quais os equipamentos de informática ficam ligados mesmo quando não estão efetuando nenhum processamento. Para resolver os problemas de climatização em um Centro de Dados, existem sistemas de ar condicionado de precisão, os quais são projetados para manter a temperatura e a umidade relativa em níveis constantes com variações de aproximadamente 0,56 °C (1 °F) para temperatura e entre 3% e 5% para umidade relativa, 24 horas por dia, 365 dias por ano (APC, 2003).

A exemplo do dimensionamento do sistema de energia elétrica, o documento *White paper #25 – Calculating Total Cooler Requirements for Data Centers*, publicado pela *American Power Conversion (APC)* em 2007, apresenta um processo simples que pode ser utilizado por qualquer pessoa sem capacitação especial. Tal como no dimensionamento da energia elétrica, neste trabalho, este é o modelo utilizado.

Por esse documento, todos os equipamentos elétricos produzem calor, que deve ser extraído do ambiente para evitar que a temperatura dos equipamentos se eleve até um nível inaceitável. A maior parte dos equipamentos de TI e outros equipamentos instalados num Centro de Dados ou sala de gerenciamento de redes são refrigerados por meio do ar. Para

dimensionar um sistema de refrigeração, é necessário conhecer a quantidade de calor produzido pelos equipamentos contidos num espaço fechado, além do calor produzido pelas restantes fontes térmicas típicas.

Pelo documento, para se efetuar a medição da energia térmica produzida, a energia transmitida pelos equipamentos de computação ou por outros equipamentos de TI, através das linhas de dados, é insignificante. Portanto, quase toda a energia consumida da linha de alimentação se transforma em calor. Isso permite que a energia térmica produzida em watts pelos equipamentos de TI seja igual a seu consumo de energia em watts.

Com baseado no exposto acima, entende-se que a energia térmica total produzida em um sistema é a soma das gerações térmicas dos componentes. O sistema completo inclui os equipamentos de TI, adicionado de outros elementos como UPS, distribuição de energia, unidades de ar condicionado, iluminação e pessoas. O regime de energia térmica produzida por esses elementos pode ser determinado facilmente, com a aplicação de regras simples e padronizadas.

A energia térmica produzida pelas UPS e pelos sistemas de distribuição de energia apresenta uma perda fixa e uma perda proporcional à energia operacional. Há bastante uniformidade com relação a essas perdas entre as diferentes marcas e modelos de equipamentos. Portanto, elas podem ser calculadas de forma aproximada, com pouca margem de erro. Os números relativos à iluminação e às pessoas também podem ser estimados sem inconvenientes, utilizando os valores padrão. As informações necessárias à determinação da carga de refrigeração para o sistema completo são constituídas de poucos valores disponíveis em forma imediata, tal como o espaço ocupado em metros quadrados e a energia elétrica nominal do sistema (Rasmussen, 2007).

As unidades de ar condicionado com seus ventiladores e compressores criam uma quantidade significativa de calor. Esse calor é extraído para o exterior e não cria carga térmica dentro do Centro de Dados. Porém, prejudica a eficiência do sistema de ar condicionado, sendo normalmente levado em consideração quando do dimensionamento.

É possível realizar uma análise térmica detalhada, utilizando dados de produção térmica para cada elemento do Centro de Dados. Mas, segundo Rasmussen (2007), a estimativa rápida baseada em regras simples oferece resultados que se encontram dentro da margem de erro típico da análise mais complicada.

O procedimento para determinar a carga térmica é bastante simples; ele consiste em preencher a Tabela 3.4 com as informações solicitadas, colocando os resultados de cada linha na coluna de subtotal e somando os subtotais para obter a energia térmica total produzida.

Tabela 3.4: Estimativa da carga térmica produzida em um Centro de Dados
Fonte: (Rasmussen, 2007)

Item	Dados requeridos	Calculo da carga de calor	Subtotal de carga de calor
Equipamentos de TI	Carga total de TI em Watts	Mesmo que a carga total de energia em Watts	_____Watts
UPS com baterias	Potência nominal do sistema de energia em Watts	$(0,04 \times \text{potencia nominal do sistema}) + (0,05 \times \text{Total da carga de energia de TI})$	_____Watts
Distribuição de Energia	Potência nominal do sistema de energia em Watts	$(0,01 \times \text{potencia nominal do sistema}) + (0,02 \times \text{Total da carga de energia de TI})$	_____Watts
Iluminação	Área de piso em metros quadrados	$2,0 \times \text{área de piso (sq ft)}, 21,53 \times \text{área de piso (metro quadrado)}$	_____Watts
Pessoas	Número máximo de pessoas no data center	$100 \times \text{número máximo de pessoas}$	_____Watts
Total	Subtotais acima	Soma das cargas de calores acima	_____Watts

Nessa análise, não são consideradas as fontes térmicas ambientais, como por exemplo, a luz solar que entra através das janelas e o calor conduzido pelas paredes exteriores. Muitos Centros de Dados pequenos e salas de gerenciamento de redes não possuem paredes nem janelas para o exterior. Nesse caso, não haverá nenhum erro de suposição. Entretanto, no caso dos grandes Centros de Dados, com paredes ou teto expostos ao exterior, há o ingresso de calor adicional no Centro de Dados, o qual que deve ser eliminado pelo sistema de ar condicionado.

Se a sala de dados se encontra situada dentro dos limites de uma infraestrutura com ar condicionado, as outras fontes térmicas podem ser dispensadas. Se as paredes ou teto do Centro de Dados se encontram muito expostos ao exterior, será necessário que um consultor em *Heating, Ventilation and Air Conditioning* (HVAC) - calor, ventilação e ar-condicionado - estime a carga térmica máxima, valor que deve ser adicionado ao requisito térmico do sistema completo, já descrito na seção anterior.

Quanto à condensação, o método proposto ressalta que, no caso de salas de dados e de pequenas ou grandes salas de cabeamento, um sistema de ar condicionado que isole o ar de retorno global do ar de fornecimento global utilizando um sistema de dutos pode gerar uma situação em que não exista condensação. Portanto, não é necessário recorrer à umidificação adicional contínua. Isso permite utilizar 100% da capacidade nominal do ar condicionado e que a eficiência seja maximizada.

No caso de grandes Centros de Dados com importantes quantidades de mistura de ar, a unidade CRAC – ar condicionado de sala de computadores - deve fornecer ar a baixas temperaturas, para combater os efeitos de recirculação do ar extraído dos equipamentos com uma temperatura mais alta. Isso tem como resultado uma desumidificação substancial do ar e cria a necessidade de recorrer a umidificação adicional. A conclusão é de que esse processo diminui significativamente o rendimento e a capacidade do sistema de ar condicionado. Assim, o sistema CRAC deve ser superdimensionado até 30%.

Portanto, o superdimensionamento requerido para a unidade CRAC oscila entre 0% para um sistema pequeno, com retorno de ar extraído por dutos, até 30% para um sistema com altos níveis de mistura de ar dentro da sala.

Pelo método proposto no documento *White paper #25* aqui descrito, a regra geral para dimensionamento do sistema de ar condicionado é a de que a capacidade nominal do sistema CRAC deve ser 1,3 vezes o valor nominal da carga térmica encontrada na Tabela 3.4, acrescida do percentual de redundância desejado para o projeto.

4 RESULTADOS E ANÁLISE

Nos tópicos a seguir, são apresentados: formulações teóricas utilizadas na análise dos cenários; comparativo preliminar dos cenários; dimensionamento da proposta de ampliação do Centro de Dados estudado neste trabalho; dimensionamento do subsistema de energia elétrica para o centro de dados estudado; dimensionamento do sistema refrigeração para o Centro de Dados estudado; projeção para uma ampliação modular do Centro de Dados estudado; Comparação da ampliação do Centro de Estudado, comparando uma ampliação Tradicional *versus* Híbrida; Análises dos cenários.

4.1 Formulações teóricas para a Pesquisa

Para efeitos de um dimensionamento estimado referente ao sistema de energia elétrica de um Centro de Dados, foi utilizada, neste trabalho, a formulação simplificada apresentada por (Sawyer, 2004) no *White Paper #3* publicado pela APC.

O dimensionamento do sistema de energia elétrica, conforme apresentado, consiste basicamente no levantamento de informações para determinar a potência necessária para alimentar a carga crítica dos equipamentos de TI, assim como a potência do restante dos equipamentos contidos em um Centro de Dados. Neste trabalho, essa informação foi coletada em um Centro de Dados real em funcionamento.

Os cálculos iniciais da planilha requereram a transformação de VA para kW, o que não foi realizado neste trabalho, porque os dados reais coletados já estavam em Watts.

A carga futura foi definida mediante a informação coletada no Centro de Dados, a qual contém um projeto de ampliação prevendo a capacidade futura do mesmo.

Mediante a definição da carga crítica atual e da carga futura, Sawyer (2004) acrescenta um fator de 5% como prevenção para as variações de consumo que podem ocorrer em equipamentos de TI, quando submetidos a um pico de processamento.

Para suprir a energia necessária ao funcionamento do Centro de Dados, de maneira limpa, com qualidade, eliminando interrupções, sobretensões ou outras perturbações momentâneas, é imprescindível a utilização de UPS's. O detalhe é que para prover essa energia limpa, há um custo, pois parte da energia que entra no UPS é dissipada durante o condicionamento da mesma. CHLORIDE (2010) explica que a eficiência de um UPS é calculada dividindo a potência de saída pela potencia de entrada.

Segundo Sawyer (2004), um valor realista para a eficiência de UPS em uma instalação típica é de 88%. Um problema apontado, que influenciará diretamente no cálculo da eficiência de um UPS, é a potência necessária para carregar as baterias, caso seja necessário. O autor afirma que essa carga das baterias, no pior caso, se elas estiverem completamente descarregadas, poderá consumir até 20% da potência fornecida pelo UPS.

Isso explica o fator de 32% utilizado na fórmula, apontado como ineficiência de UPS.

Outra variável que entra no cálculo das necessidades elétricas para o Centro de Dados é sua iluminação. Sawyer (2004) afirma que uma boa regra para calcular essa carga seria a de 21,5 watts por m².

No cálculo para o percentual de carga consumida, Sawyer (2004) explica que ela é igual a 70% do somatório de todas as cargas calculadas anteriormente, inclusive a de ineficiência dos UPS's. Isso, se utilizado o sistema de refrigeração a água com *chillers*.

O somatório da carga total, carga futura, coeficiente para picos, ineficiência de UPS's, iluminação e refrigeração é o que está relacionado com os objetivos deste trabalho, pois o resultado é fornecido em kW e é usado para calcular o custo mensal com energia elétrica na comparação do Centro de Dados tradicional e modular.

Rasmussen (2007) orienta a forma de cálculo das cargas térmicas do seguinte modo:

- a primeira carga térmica a ser calculada é a produzida pelos equipamentos de TI. Ele afirma que a energia térmica produzida pelos equipamentos de TI em watts é igual ao consumo de energia das mesmas em watts. Para calcular essa carga, basta realizar o somatório da potência nominal requerida dos equipamentos;
- a segunda carga térmica a ser calculada é a produzida pelo sistema de UPS, e esse autor explica que a energia térmica produzida pelas UPS's é composta de uma parte fixa e uma parte proporcional à energia operacional. Para tanto, ele assume que a parte fixa é de 4% da potência nominal da UPS e a parte proporcional é de 5% da energia operacional, ou seja, o que está sendo consumido;
- a terceira carga térmica a ser calculada é a produzida pelo sistema de distribuição de energia elétrica. Segundo ele, a energia térmica produzida por esse sistema é similar à produzida pelas UPS. Ele assume que a parte fixa é de 1% da potência nominal da UPS e a parte proporcional é de 2% da energia operacional;
- a quarta carga térmica a ser calculada é a produzida pelo sistema de iluminação e, para isso, assume-se uma carga de 21,53 watts por m²;

- a quinta e última carga a ser calculada é a produzida pelas pessoas. Conforme o autor, uma carga de 100watts por pessoa que trabalho constantemente no recinto.

O somatório dessas cargas térmicas tem como resultado a carga térmica do Centro de Dados. Esse método de cálculo não considera as fontes térmicas ambientais, como luz solar direta ou conduzida pelas paredes. Dependendo do projeto arquitetônico do Centro de Dados as fontes térmicas ambientais podem ser relevantes ou até mesmo nulas, caso a sala de equipamentos de TI fique nos limites de uma infraestrutura com ar-condicionado.

O passo seguinte no desenvolvimento da pesquisa foi a realização de um comparativo preliminar, visando a uma realização piloto do cálculo da carga térmica, de acordo com a explicação de Rasmussen (2007).

4.2 Comparativo Preliminar

Inicialmente, com a finalidade de entender melhor os aspectos necessários ao dimensionamento da infraestrutura física em Centros de Dados, foi feito um levantamento em um Centro de grande porte, em funcionamento há mais de quatro anos, sendo aplicados os dados reais coletados em fórmulas.

A Figura 4.1 mostra a distribuição das cargas de energia elétrica no Centro de Dados estudado enquanto a Figura 4.2 apresenta a distribuição das cargas de energia elétrica em um Centro de Dados típico. Apesar do exemplo de um Centro de Dados típico, mostrado na Figura 4.2, utilizar refrigeração com expansão direta, o que segundo Sawyer (2004) representa um consumo 30% maior que a refrigeração baseada em *chillers*, mesmo assim podemos constatar que os resultados foram bastante parecidos.

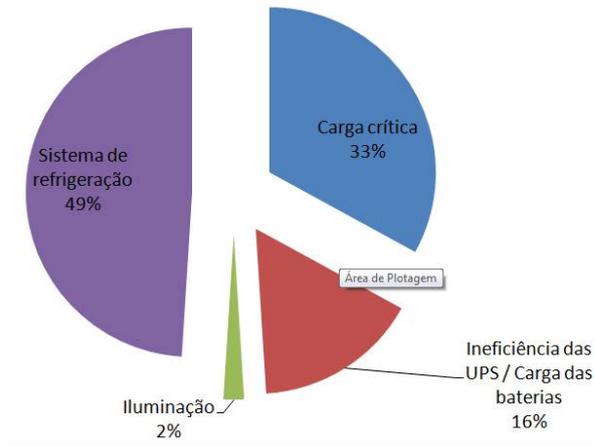


Figura 4.1: Divisão da carga de energia elétrica encontrada no Centro de Dados

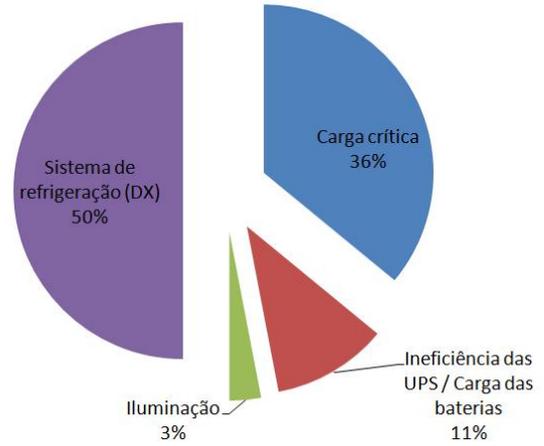


Figura 4.2: Exemplo de um Centro de Dados típico

Fonte: (Sawyer, 2004)

Considerando a afirmação de Rasmussem (2007), segundo a qual a energia térmica total de um sistema é a soma das gerações térmicas dos componentes, e que quase toda a energia consumida da linha de alimentação de CA se transforma em calor, foram elaboradas a Figura 4.3 e a Figura 4.4, simulando a carga térmica produzida no Centro de Dados em sua realidade de ocupação atual, comparado ao mesmo Centro de Dados operando a 100% de sua capacidade.

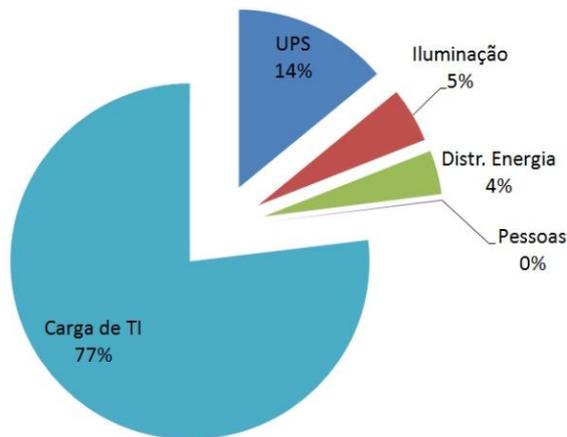


Figura 4.3: Carga térmica gerada no Centro de Dados

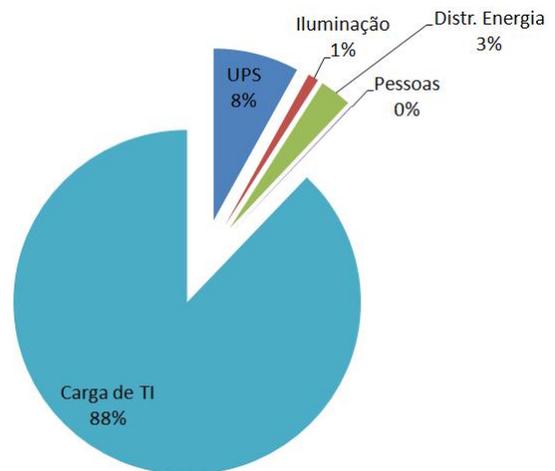


Figura 4.4: Carga térmica gerada no Centro de Dados, simulando sua operação a 100%

Rasmussem (2007) afirma que, quanto menor for a utilização da potência elétrica disponível para os equipamentos de TI, menor será a eficiência dos sistemas de energia, tais como: UPS, iluminação e distribuição de energia. Para comprovar a afirmação do autor, foi feito o cálculo simulando um consumo da potência elétrica em 100% da disponível e

comprovada a afirmação com os seguintes dados obtidos: a carga térmica produzida pela distribuição de energia saiu de 4% e foi para 3%; a carga térmica com iluminação saiu de 5% e foi para 1%; a carga térmica das UPS saiu de 14% e foi para 8%; a carga térmica gerada pelos equipamentos de TI saiu de 77% e foi para 88%.

A Figura 4.3 e Figura 4.4 constata que os maiores geradores de carga térmica em um Centro de Dados são os equipamentos de TI. Com estas informações fica claro perceber que a previsão errada dos equipamentos de TI durante a fase de planejamento para a construção ou ampliação de um Centro de Dados pode trazer conseqüências desastrosas no futuro, pois se a carga de TI for superestimada irá refletir diretamente em um dimensionamento da infraestrutura de refrigeração e energia elétrica acima das necessidades gerando um gasto elevado de implantação e manutenção. Caso a carga de TI seja subestimada, o dimensionamento do Centro de Dados poderá não atender as necessidades requeridas para o seu perfeito funcionamento.

Esses problemas também são apontados por Mitchell-Jackson et al. (2001) e por Rasmussem (2002) em seus trabalhos.

As informações coletadas no Centro de Dados mostram que o mesmo foi superdimensionado, pois apesar de estar em atividade há quase seis anos, a potência elétrica consumida atualmente é de 37,46% da potência elétrica disponível.

Um problema encontrado, conseqüente da evolução tecnológica dos equipamentos de TI é que por ter sido projetado com uma única sala para equipamentos de TI, apesar de estar utilizando somente 37,46% da potência elétrica disponível, a utilização de equipamentos de última geração, tais como servidores *blade*, pode ser um problema.

Os servidores do tipo *blade*, dependendo do fabricante e modelo, possibilitam a instalação de vários servidores em um único gabinete de 10U's, demandando uma densidade de energia elétrica superior a 5kW por gabinete. Se forem instalados quatro gabinetes do tipo Dell-M1000e²⁵ em um único *rack*, a potência elétrica necessária para alimentar este *rack* seria de 20kW, o que seria completamente inviável para o Centro de Dados estudado neste trabalho, que foi projetado para uma densidade de 1kW por m², ou seja 2,18kW por unidade de *rack*. O referido Centro de Dados, além de não conseguir suprir a potência elétrica necessária para alimentar o *rack* instalado com quatro *blades*, teria problemas com a

²⁵ <http://www1.la.dell.com/br/pt/empresa/Servidores/blade/ct.aspx?refid=blade&s=bsd&~ck=anav&cs=brsdt1>

refrigeração, pois geraria uma carga térmica por m² bastante superior a projetada para o sistema de refrigeração.

Em seguida, passou-se à coleta dos dados no Centro de Dados da empresa objeto da pesquisa, iniciando-se com a entrevista.

4.3 Dimensionamento da Proposta de Ampliação do Centro de Dados

O sujeito entrevistado é engenheiro-mecânico e trabalha em Centros de Dados há mais de 15 anos. Durante a entrevista, verificou-se é utilizada somente a carga térmica produzida pelos equipamentos de TI e a produzida pela UPS para estimar o dimensionamento de um sistema de refrigeração.

Comparando o método utilizado na prática pelos profissionais e o apresentado por Rasmussen (2007), verifica-se que o método desse autor apresenta uma carga 20% maior que a dos profissionais, devido ao cálculo de iluminação, distribuição de energia e pessoal.

Na entrevista, foram obtidas as características físicas do Centro de Dados, conforme Tabela 4.1.

Tabela 4.1: Características do Centro de Dados enfocado
Fonte: Dados (2010)

Descrição	Valor
Área total construída	5.000 m ²
Área para equipamentos de TI	1.580 m ²
Potência elétrica instalada	4 x 1.000 kW
Potência elétrica para equipamentos de TI	1.580 kW
Potência de refrigeração Instalada	4 x 950 kW
Espaço disponível para racks	725 un
Densidade de potência suportada para equipamentos de TI	1.000 W/m ²
Carga atual utilizada pelos equipamentos de TI	592 kW
Numero de pessoas	20

Os dados coletados mostram que o Centro de Dados estudado é um Centro de Dados típico, igual a maioria dos existentes que foram construídos na mesma época, é que o mesmo dispõe de uma única sala para equipamentos de TI, subsistema de energia elétrica com topologia N+1, subsistema de refrigeração baseado em *chillers* com topologia N+1, e demais subsistemas.

4.3.1 Dimensionando o subsistema de energia elétrica para o Centro de Dados

Utilizando os dados coletados no referido Centro de Dados e preenchendo as planilhas das Tabela 3.2 e Tabela 3.3, chegou-se aos seguintes valores (Tabela 4.2, Tabela 4.3).

Tabela 4.2: Estimativa da potência de um subsistema de energia elétrica com dados reais

Item	Calculo	Subtotal em kW
Carga crítica	(subtotal em VA x 0,67) / 1000	#01+ #2 592 kW
Para equipamentos não incluídos no calculo da carga crítica acima	(subtotal em VA x 0,67) / 1000	
Cargas Futuras	(subtotal em VA x 0,67) / 1000	#03 308,00 kW
Pico de potência devido a variação das cargas críticas	(#1 + #2 + #3) x 1,05	#04 945,00 kW
Ineficiência das UPS e carga das baterias	(#1 + #2 + #3) x 0,32	#05 288,00 kW
Iluminação	0,0215 x área em m ²	#06 33,97 kW
Carga total de potência para suportar as demandas elétricas	#4 + #5 + #6	#07 1.266,84 kW
Potência total para suportar as demandas de refrigeração	Para sistemas chiller: #7 x 0.7 Para sistemas de expansão direta: #7 x 1.0	#08 886,88 kW
Potência total para as demandas elétricas e de refrigeração	#7 + #8	#09 2.153,85 kW

Tabela 4.3: Estimativa de potência de um subsistema gerador de energia elétrica de contingência com dados reais

Dimensionamento estimado para geradores de contingência (se aplicável)		
Item	Calculo	Subtotal em kW
Carga crítica que irá requerer gerador de contingência	#7 x 1,3	#12 1.647,00kW
Carga e refrigeração que irá requerer gerador de contingência	#8 x 1.5	#13 1.330,32 kW
Dimensionamento requerido para o gerador de contingência	#12 + #13	2.977,38 kW

4.3.2 Dimensionando o subsistema de refrigeração para o Centro de Dados

Lançando as informações reais coletadas no Centro de Dados no modelo da Tabela 3.4 deste trabalho, chegou-se aos seguintes valores (Tabela 4.4).

Tabela 4.4: Cálculo da carga térmica gerada com dados reais

Item	Calculo da carga de calor	Subtotal de carga de calor
Equipamentos de TI	Mesmo que a carga total de energia em Watts	592.000 Watts
UPS com baterias	$(0,04 \times \text{potencia nominal do sistema}) + (0,05 \times \text{Total da carga de energia de TI})$	105.600 Watts
Distribuição de Energia	$(0,01 \times \text{potencia nominal do sistema}) + (0,02 \times \text{Total da carga de energia de TI})$	30.840 Watts
Iluminação	$2,0 \times \text{área de piso (sq ft)}, 21,53 \times \text{área de piso (metro quadrado)}$	34.017 Watts
Pessoas	$100 \times \text{número máximo de pessoas}$	2.000 Watts
Total	Somatório das cargas térmicas acima	764.457 Watts

4.3.3 Projeção para um Centro de Dados Modularizado

Para atender as necessidades impostas pela evolução tecnológica dos equipamentos de informática, várias soluções vêm sendo estudadas, no intuito de expandir a capacidade dos Centros de Dados e proporcionar uma melhor utilização dos recursos de infraestrutura física (energia, refrigeração e espaço). Um *rack* padrão, de 19 polegadas, que há pouco tempo suportava até 42 servidores de um U, com potência requerida de 204 watts cada e demandava uma densidade elétrica e térmica de 8.568 watts, nos dias atuais, com a mesma densidade elétrica e carga térmica, o mesmo *rack* suporta apenas 13 servidores de um U, com potência de 622 watts cada. Com isso, cria-se um espaço ocioso pelos limites de utilização Figura 4.5.

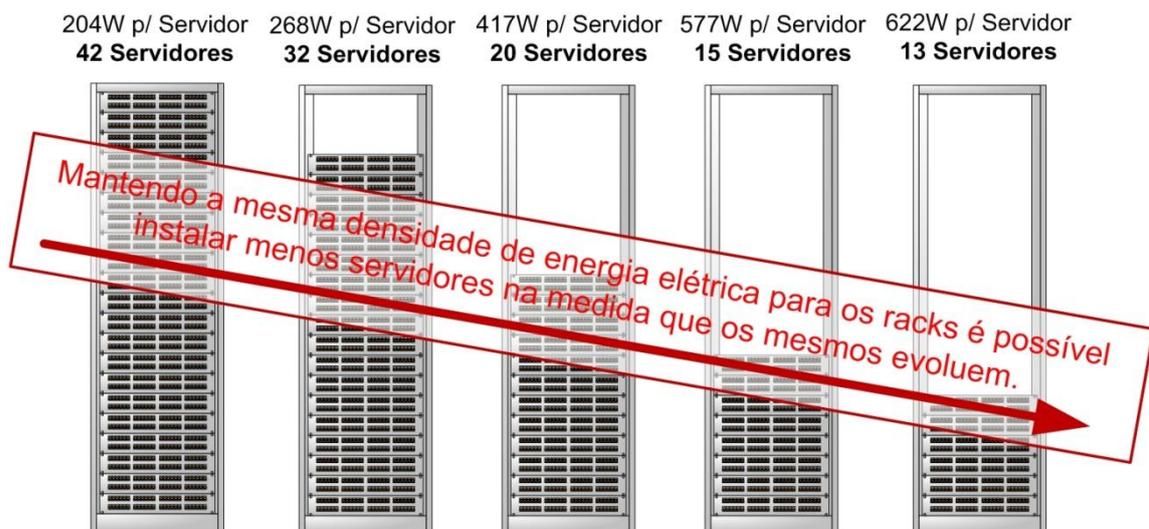


Figura 4.5: Espaço ocioso em *racks* impostos pela evolução tecnológica

Para atender a demanda, algumas empresas começaram a oferecer soluções modulares que mudaram por completo a forma como os Centros de Dados eram planejados, construídos ou mesmo ampliados no passado.

Algumas soluções modulares prometem uma redução considerável no tempo para construir ou ampliar um Centro de Dados. Introduzem o conceito de mobilidade para os Centros, conceito esse que antes não era possível. Os modulados permitem alcançar densidades bem superiores às dos Centros tradicionais, com a promessa de uma considerável redução no espaço físico, custos de implantação, manutenção e operação (SGI, 2010).

O conceito de mobilidade introduzido por SGI (2010) se deve ao fato de algumas soluções modulares serem disponibilizadas em *containers*, o que facilita o transporte das mesmas conforme apresentado na Figura 4.6. O *container*, após desacoplado da infraestrutura elétrica e de comunicação de dados, pode ser colocado em uma carreta e facilmente transportado.



Figura 4.6: Centro de Dados modular em *container*
Fonte: (SGI, 2010)

A APC (2006) vai além no conceito de mobilidade de Centro de Dados e apresenta uma solução totalmente móvel, a qual apresenta inclusive solução de comunicação de dados via satélite eliminando as necessidades de infraestrutura física para o funcionamento, conforme apresentado na Figura 4.7.

A Sun Microsystems/Oracle, a qual foi pioneira no fornecimento de Centro de Dados modulares em *containers* possui uma solução que é fornecida em dois módulos, sendo um composto de *racks* e dispositivos proprietários de refrigeração, e um segundo módulo composto dos maquinários dos subsistemas de energia elétrica e refrigeração, conforme apresentado na Figura 4.8 e Figura 4.9.



Figura 4.7: Centro de Dados Modular Móvel
Fonte: (APC, 2006)

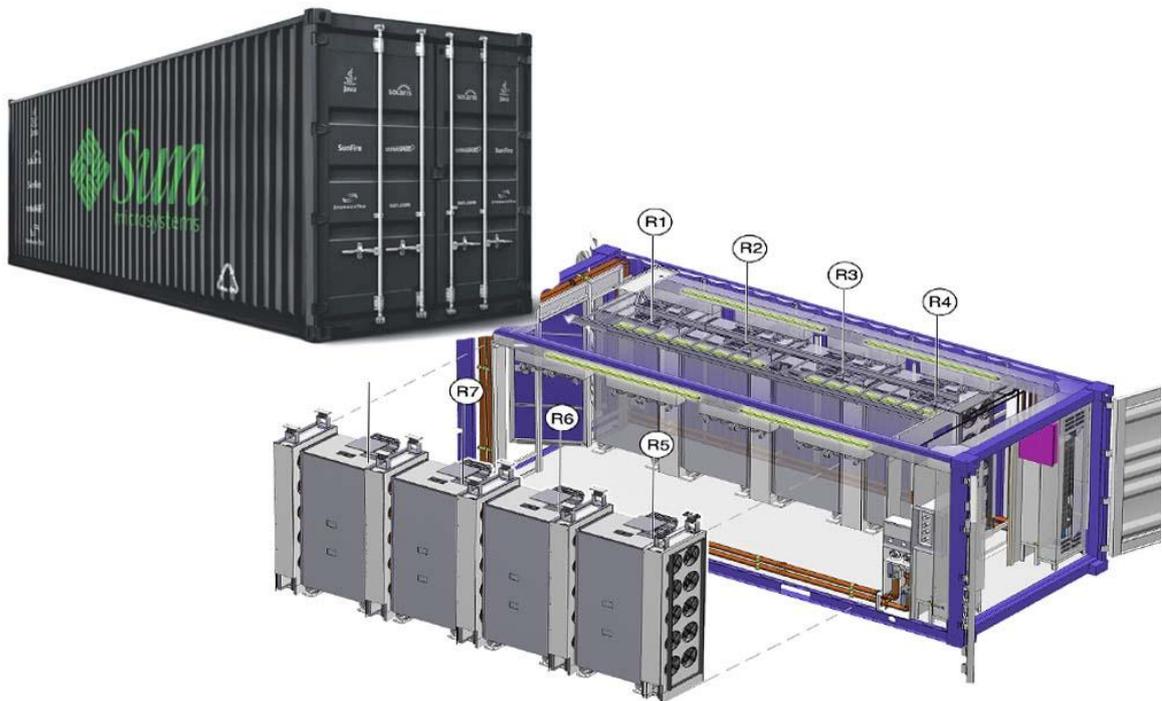


Figura 4.8: Centro de Dados modular em *container*
Fonte: Sun Microsystems/Oracle (2009)



Figura 4.9: Casa de máquinas modular em *container* Active Power
Fonte: Sun Microsystems/Oracle (2009)

Embora as soluções em containers nunca venham a substituir a solução tradicional por completo, elas podem oferecer reduções significativas na disponibilização de infraestrutura e de gerenciamento de custos, especialmente para quem procura uma rápida disponibilização, alta densidade e ou mobilidade (Sun Microsystems/Oracle, 2009).

Conforme visto no *layout* típico de uma solução modular (Figura 2.7), os *containers* estudados neste trabalho possuem espaço para instalação de servidores e equipamentos de TI, somente em *racks*, excluindo deste grupo de equipamentos os dispositivos que não possam ser instalados em *rack*, tais como servidores de grande porte, dispositivos de armazenamento de dados de grande porte, etc. As soluções modulares estudadas neste trabalho possuem compartimentos para sala de máquinas (subsistema de energia elétrica e refrigeração) e compartimentos para sala de computadores, não possuindo soluções para as demais dependências existentes em um Centro de Dados, tais como o NOC²⁶, docas para recebimento de equipamentos, recepção para controle de acesso de pessoal, salas de estoque e desembalagem de equipamentos, etc. Provavelmente venha daí a afirmação da Sun Microsystems/Oracle (2009) de que as soluções em containers nunca irão substituir a solução tradicional para Centro de Dados.

²⁶ Network Operations Center

4.3.4 Comparação de um Centro de Dados Tradicional Versus Centro de Dados Híbrido

Com a finalidade de comparar uma solução tradicional para Centro de Dados e uma solução híbrida, foram utilizados dados coletados em um Centro de Dados tradicional (Dados, 2010) e a solução modular da Sun Microsystems, que oferece módulos para Centro de Dados completos em *containers* de 48,77 m² com 7,5 *racks* de 40 U's e capacidade para suportar uma densidade de 25 kW por *rack*.

A solução modular é dividida em dois *containers*, sendo um para equipamentos de TI e outro com os equipamentos que compõem as máquinas da infraestrutura elétrica e refrigeração.

Em 2009, no Centro de Dados que se encontra em pleno funcionamento e que é objeto deste trabalho, foi feito um planejamento para sua ampliação, com as seguintes características (Dados, 2010) (Tabela 4.5).

Tabela 4.5: Informações para ampliação de um Centro de Dados Tradicional
Fonte: (Dados, 2010)

Descrição	Atual	Final
Ampliação da área para equipamentos de TI	1.580 m ²	3.000 m ²
Potência elétrica para equipamentos de TI	1.580 kW	4.200 kW
Densidade de potência suportada para equipamentos de TI	1.000 W/m ²	1.400 W/m ²
Valor total da ampliação		R\$118.592.000,00
Prazo para conclusão e entrada em operação		2 anos

Com bases nas informações da Tabela 4.5, dimensionou-se uma solução modular com a mesma capacidade de potência elétrica disponível para equipamentos de TI. Como a informação quanto ao tempo de implantação de uma solução modular é bem menor que a tradicional, para efeitos de comparação, assumiu-se que o Centro de Dados terá uma ocupação crescente e linear nos próximos 10 anos, atingindo 80% de utilização no final do período. A solução modular, depois de planejada, demandará quatro meses para a implantação de cada módulo de 400 kW.

Os valores cobrados pelo kW/h foram retirados do site da Companhia Energética de Brasília (CEB)²⁷, no qual o valor do kW/h é de R\$ 0,22 (vinte e dois centavos) (CEB, 2010).

Neste trabalho, assumiu-se o valor de R\$10.209.636,00 (dez milhões, duzentos e nove mil e seiscentos e trinta e seis reais) para cada módulo com capacidade de 400kW. Esses

²⁷ <http://www.ceb.com.br>

valores são informados pela empresa SUN Microsystems²⁸, foram convertidos de Dólar (US\$) para Real (R\$) e adicionados dos respectivos impostos de importação (Sun Microsystems/Oracle, 2009).

Para os cálculos da Tabela 4.6, foram utilizadas as seguintes formulações:

- Capacidade em kW = a potência elétrica disponível no Centro de Dados para equipamentos de TI;
- Utilização em kW = a média de utilização anual de energia elétrica pelos equipamentos de TI;
- Utilização em % = o potência elétrica utilizada pelos equipamentos de TI em relação a potência elétrica disponível no Centro de Dados para equipamentos de TI;
- Utilização anual com TI em MW = (Utilização em kW) x (365 dias) x (24 horas) / (1000 kW);
- Utilização anual com IE em MW (Centro de dados tradicional) = (formulação apresentada no item 3.1)
- Utilização anual com IE em MW (Centro de dados modular) = potência nominal informada pelo fabricante.
- Custo de energia anual em R\$ = ((Utilização anual com TI em MW) + (Utilização anual com IE em MW)) * (1000 para transformar em kW) * (valor do kW/h informado pela concessionária).

Os resultados obtidos constam da Tabela 4.6.

²⁸ <http://www.oracle.com/us/sun/index.html>

Tabela 4.6: Comparação dos custos com a ampliação de um Centro de Dados tradicional *Versus* Híbrido

Escalabilidade	Inicial	1 ano	2 ano	3 ano	4 ano	5 ano	6 ano	7 ano	8 ano	9 ano	10 ano
Centro de Dados Tradicional											
Capacidade em kW	1.580	1.580	1.580	4.200	4.200	4.200	4.200	4.200	4.200	4.200	4.200
Utilização em kW	592	869	1.146	1.422	1.699	1.976	2.253	2.530	2.806	3.083	3360
Utilização em %	37,47	54,99	72,51	33,87	40,46	47,05	53,64	60,23	66,82	73,41	80,00
Utilização anual com TI em MW	5.186	7.611	10.035	12.460	14.885	17.310	19.735	22.159	24.584	27.009	29.434
Utilização anual com IE em MW	10.924	15.799	20.674	25.986	30.861	35.736	40.611	45.486	50.343	55.218	60.093
Custo da Energia anual	3.472.425,25	5.045.794,74	6.619.164,24	8.286.736,55	9.860.106,05	11.433.475,54	13.006.845,04	14.580.214,53	16.149.790,77	17.723.160,26	19.296.529,76
CapEx Acumulado	0,00	47.436.800,00	118.592.000,00	118.592.000,00	118.592.000,00	118.592.000,00	118.592.000,00	118.592.000,00	118.592.000,00	118.592.000,00	118.592.000,00
Centro de Dados Modular											
Capacidade em kW	1.580	1.580	1.580	1.980	2.380	2.780	3.180	3.580	3.980	4.380	4.780
Utilização em kW	592	869	1.146	1.422	1.699	1.976	2.253	2.530	2.806	3.083	3.360
Utilização em %	37,47	54,99	72,51	71,84	71,39	71,08	70,84	70,66	70,51	70,39	70,29
Utilização anual com TI em MW	5.186	7.611	10.035	12.460	14.885	17.310	19.735	22.159	24.584	27.009	29.434
CapEx Acumulado	0,00	0,00	0,00	10.209.636,00	20.419.272,00	30.628.908,00	40.838.544,00	51.048.180,00	61.257.816,00	71.467.452,00	81.677.088,00
Diferença Capex		47.436.800,00	118.592.000,00	108.382.364,00	98.172.728,00	87.963.092,00	77.753.456,00	67.543.820,00	57.334.184,00	47.124.548,00	36.914.912,00
										Economia em 10 anos	31,13%

4.3.5 Análise da ocupação *versus* infraestrutura disponível

A primeira análise realizada foi quanto à ocupação do Centro de Dados nos próximos 10 anos, comparada com a infraestrutura disponível nas duas modalidades de ampliação (tradicional e híbrida). Os resultados obtidos são apresentados na Tabela 4.7 e .

Tabela 4.7: Ocupação do Centro de Dados *versus* infraestrutura disponível

Período em Anos	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ocupação em kW	592	869	1.146	1.422	1.699	1.976	2.253	2.530	2.806	3.083	3.360
Capacidade disponível C.D. Tradicional em kW	1.580	1.580	1.580	4.200	4.200	4.200	4.200	4.200	4.200	4.200	4.200
Capacidade disponível C.D. Híbrido em kW	1.580	1.580	1.580	1.980	2.380	2.780	3.180	3.580	3.980	4.380	4.780

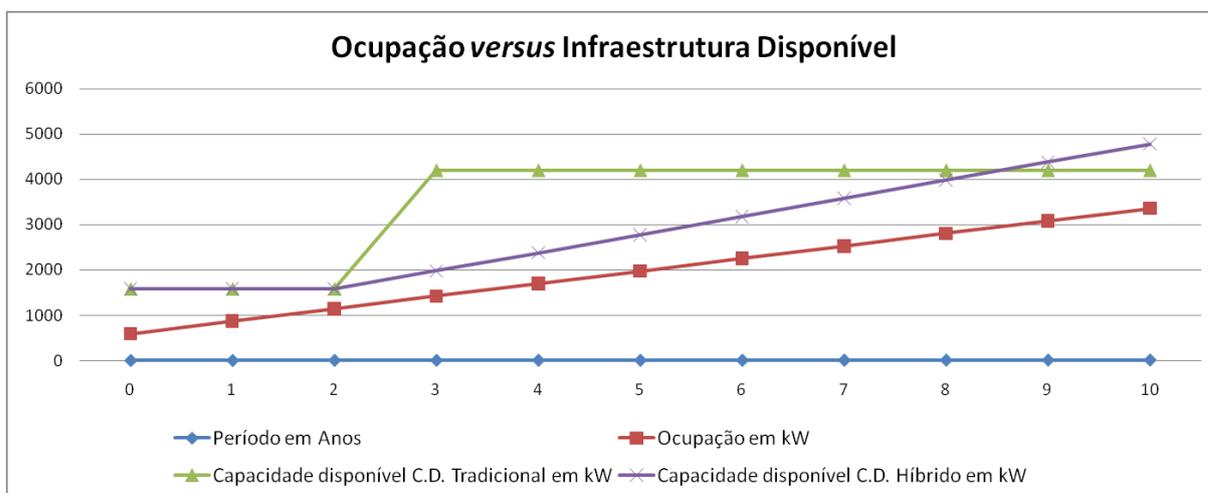


Figura 4.10: Comparativo entre ocupação e infraestrutura disponível

Pode-se verificar, conforme a Figura 2.1, que a ampliação modular apresenta uma característica linear, acompanhando as necessidades exigidas pela ocupação do Centro de Dados. Ela traz o benefício de se desembolsar o montante necessário para a ampliação, à medida que a demanda vai aumentando, eliminando assim o risco de superdimensionamento caso a previsão de ocupação esteja errada.

Outra vantagem que se pode visualizar no Centro de Dados modular é a seguinte: na medida em que a ocupação for ocorrendo ao longo dos anos e os equipamentos forem evoluindo, a adaptação da infraestrutura necessária para suprir a demanda pode ser mais adequada.

4.3.6 Análise do desembolso exigido pelas duas soluções

A segunda análise realizada foi quanto ao desembolso de recursos financeiros com a ampliação do Centro de Dados. Os dois Centros foram comparados segundo a demanda por

infraestrutura informada pelo crescimento linear da ocupação. Os dados obtidos foram os apresentados na Tabela 4.8.

Tabela 4.8: Comparação de desembolso financeiro para a ampliação do Centro de Dados
(valores em R\$ 1.000,00)

Período em Anos	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Desembolso Ampliação Tradicional em R\$	0	47.437	118.592	118.592	118.592	118.592	118.592	118.592	118.592	118.592	118.592
Desembolso Ampliação Híbrida em R\$	0	0	0	10.210	20.419	30.629	40.839	51.048	61.258	71.467	81.677

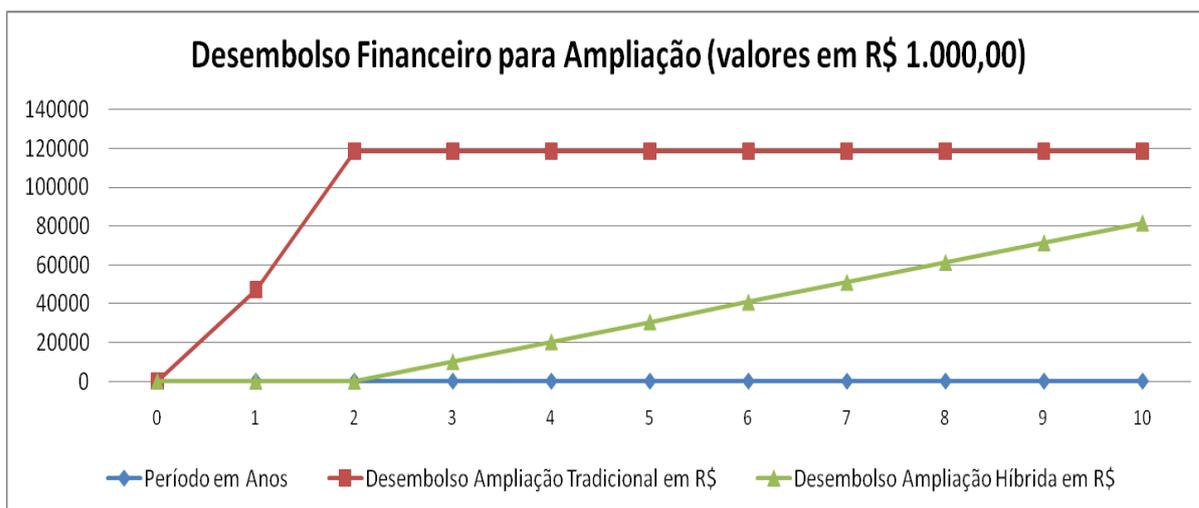


Figura 4.11: Desembolso financeiro para a ampliação

Pode-se verificar que o desembolso financeiro para a ampliação do Centro de Dados usando os métodos tradicionais de construção demanda o desembolso total nos primeiros 2 (dois) anos, enquanto que o método híbrido demanda um desembolso gradual ao longo dos anos, na medida em que a demanda por infraestrutura vai aparecendo.

Realizou-se uma simulação financeira com os valores desembolsados pela ampliação, aplicando-se a fórmula financeira do valor futuro ano a ano, a uma taxa de juros hipotética de 7% ao ano. Os valores da ampliação modular foram abatidos anualmente dos valores corrigidos da ampliação tradicional, e o resultado ao final de 10 anos foi uma economia de R\$ 112.046.100,00 (Cento e doze milhões, quarenta e seis mil e cem reais), ou seja, só a correção do montante desembolsado pela ampliação utilizando métodos tradicionais quase que pagaria toda a ampliação híbrida utilizando sistemas modulares Tabela 4.9.

Tabela 4.9: Simulação de valor futuro

(valores em R\$ 1.000,00)

Ano	Desembolso	Amortização	Correção	Sub Total
1	47.437	0	3.321	50.758
2	71.155	0	8.534	130.446
3	0	10.210	8.417	128.653
4	0	10.210	8.291	126.734
5	0	10.210	8.157	124.681
6	0	10.210	8.013	122.484
7	0	10.210	7.859	120.133
8	0	10.210	7.695	117.617
9	0	10.210	7.519	114.926
10	0	10.210	7.330	112.046
Saldo Final				112.046

4.3.7 Análise da ocupação da ampliação do Centro de Dados com equipamentos de informática de última geração

Esta análise considerou um *rack* padrão 19 polegadas encontrado no mercado, ocupado com quatro sistemas *blade* Dell-M1000e²⁹, o qual pode ser configurado com até 16 servidores *blade* e consome, em sua configuração máxima, aproximadamente 5.600W.

No Centro de Dados tradicional, não é possível configurar um *rack* com 4 sistemas *blade*, pois devido à densidade de potência elétrica disponível por *rack*, que é de 2,9 kW, não seria possível atender a demanda de 22,4 kW para um único *rack*. Mesmo que se conseguisse fornecer a energia elétrica necessária para o funcionamento do *rack* com os quadro sistemas *blade*, ocorreriam grandes problemas de aquecimento na região na qual o *rack* estivesse instalado.

No Centro de Dados híbrido, no qual a parte modular vem preparada para suportar uma densidade de 25 kW por *rack*, seria possível a instalação de aproximadamente 7.680 servidores *blade*, utilizando somente a área expandida com soluções modulares em *containers*.

Para se ter uma ideia do que isso representa, cada *rack* no Centro de Dados tradicional é capaz de suportar 8 servidores com a configuração igual à dos servidores *blade*. Caso se

²⁹ <http://www1.la.dell.com/br/pt/empresa/Servidores/blade/ct.aspx?refid=blade&s=bsd&~ck=anav&cs=brbsdt1>

multipliquem 8 servidores por 1.450, que seria o total de *racks* disponíveis no Centro de Dados ao final da ampliação, ter-se-ia um total 11.600 servidores instalados. Já no Centro híbrido com a ampliação modular ter-se-ia um total de 5.800 servidores instalados na área já existente e 7.680 servidores na área ampliada, perfazendo um total de 13.480 servidores, ou seja, 1.880 servidores a mais instalados com a ampliação modular.

Analisando somente a parte ampliada, o sistema tradicional teria capacidade para a instalação de 5.800 servidores, enquanto a parte ampliada com solução modular teria capacidade para a instalação de 7.680, ou seja, 32,5% a mais de capacidade para a instalação de servidores de 1U. Se se considerar a instalação de sistemas *blade* na parte ampliada com solução modular, tem-se um total de 12.288 servidores do tipo *blade* instalados, ou seja, 112% a mais de capacidade de instalação de servidores, visto que o sistema tradicional do Centro de Dados estudado não suporta a instalação de sistemas *blade*.

Em síntese, em relação aos objetivos deste trabalho, sobre a comparação dos custos e da eficiência dos dois modelos para a ampliação do Centro de Dados na empresa enfocada, pode-se dizer que:

- O desembolso para a ampliação utilizando a construção tradicional de Centro de Dados irá custar R\$ 118.592.000,00 com desembolso total nos dois primeiros anos, enquanto a ampliação com mesma capacidade utilizando containers irá custar R\$ 81.677.088,00, com desembolso diluído em oito anos, a partir do terceiro ano.
- A economia com a solução modular, ao longo do período analisado, seria de R\$ 36.914.912,00, ou seja, 31,12%, isto sem considerar o custo do capital neste período.

Outra análise que pode ser feita é quanto ao espaço ocupado. Na ampliação tradicional, seriam ocupados mais 1.420m² de área no Centro de Dados, enquanto que na ampliação modular, seriam ocupados 780,31m², ou seja, a ampliação modular iria ocupar apenas 54,95% da área necessária para a ampliação tradicional, isto se assumirmos que os containers ficarão em um mesmo nível. Caso adotemos uma solução igual a do Centro de Dados do Google (Google, 2009) que dispõe os containers em uma estrutura de 2 andares, o espaço ocupado pela solução modular poderia ser reduzida a metade.

5 CONCLUSÃO

Na era em que se vive, falar sobre tecnologia é um tema sempre atual e de interesse geral, não só em relação aos avanços constantes da TI, como também em relação à busca de soluções para problemas que vão surgindo, sejam decorrentes do surgimento do novo, sejam em razão do crescimento de usuários dessa tecnologia, tornando sempre insatisfatória as capacidades operacionais planejadas.

É nesse contexto que surge o sistema modular de expansão de Centro de Dados, como uma solução que vem suprir tanto as necessidades referentes ao primeiro caso, como em relação ao segundo.

Como foi visto no decorrer do trabalho, uma das grandes preocupações com os Centros de Dados é o consumo da energia elétrica, originado da utilização dos próprios equipamentos e de TI e outros, como também da concomitante necessidade de refrigeração do ambiente, para diminuir o aquecimento gerado. Um e outro sistema são grandes consumidores de energia elétrica.

A descrição dos aspectos que envolvem os Centros de Dados, vistos ao longo do texto, deixa clara a complexidade que envolve não só a implantação, como também o gerenciamento de Centros de Dados, devido às múltiplas variáveis inerentes às atividades de TI que percorrem todo o processo até chegar à ponta final e proporcionar ao consumidor a informação de que ele necessita.

Esse entendimento está relacionado com o objetivo desta pesquisa, na medida em que um Centro de Dados que apresente falhas operacionais pode terminar por prejudicar os negócios da empresa, uma vez que não atende o consumidor final.

Se por um lado esse crescimento vertiginoso dos consumidores de serviços de TI requer uma constante atualização da capacidade operacional desses Centros, por outro, o consumo de energia elétrica, uma constante preocupação de organismos voltados para estudos nessa área, exige providências visando a sua redução, principalmente considerando os aspectos ecológicos, a sustentabilidade e as responsabilidades sociais das empresas atualmente.

Nessa perspectiva, a proposta de analisar, comparativamente, dois tipos de Centros de Dados para uma expansão foi cumprida, pois os resultados obtidos e os cálculos realizados

permitiram uma melhor visualização da dimensão financeira envolvida e da otimização do espaço, entre outras.

As informações coletadas de um Centro de Dados em funcionamento foram de grande valia, pois ajudaram a perceber alguns problemas apontados por alguns autores sobre a importância de um bom dimensionamento da infraestrutura necessária para atender as necessidades de um centro de dados.

Entende-se que os maiores consumidores de energia são os equipamentos de TI e os de refrigeração, assim como os maiores geradores de carga térmica são os UPS e os equipamentos de TI. Sendo assim, qualquer previsão errada quanto aos equipamentos de TI que serão hospedados no Centro de Dados, assim como a previsão de ocupação do mesmo ao longo do tempo, pode influenciar/acarretar um dimensionamento errado do referido Centro, podendo causar problemas futuros ou gastos desnecessários.

Quanto ao planejamento e execução da ampliação proposta para o Centro de Dados estudado, a solução híbrida, utilizando soluções modulares na ampliação, mostrou ser mais eficiente com as seguintes características:

- Tempo necessário para a ampliação. A solução modular demanda menos tempo para entrar em funcionamento do que a solução tradicional, além do que a mesma pode ser dividida em fases e implementada de acordo com as necessidades previstas para o Centro de Dados. Durante a execução das fases, caso a previsão esteja errada, o projeto pode ser facilmente corrigido evitando assim gastos desnecessários.
- Desembolso de CAPEX para a ampliação. A solução modular demanda um desembolso linear acompanhando a ocupação do centro de dados, enquanto a solução tradicional demanda um desembolso adiantado para a conclusão da ampliação sendo que a infra-estrutura ficará ociosa, gerando despesas, até que o centro de dados seja completamente ocupado.

Diante do exposto, conclui-se que a solução híbrida é mais indicada que a tradicional, tanto do ponto de vista operacional quanto financeiro.

Como foi dito, o tema é atual e não se esgotou. Portanto, como proposta para trabalhos futuros, cabe sugerir os seguintes tópicos:

- Comparativo aprofundado de custos operacionais entre Centros de Dados tradicionais, modulares e híbridos:

- Comparativo aprofundado de custos envolvidos na construção e ampliação de Centro de Dados, considerando os modelos tradicionais, modulares e mistos:

No que se refere a CAPEX, este trabalho explorou somente a diferença no desembolso para uma ampliação de um Centro de Dados utilizando soluções de construção tradicionais comparado a uma ampliação de mesma capacidade utilizando soluções modulares.

- Estudo que identifique as vantagens e desvantagens das soluções tradicionais, modulares e híbridas.

BIBLIOGRAFIA

Addison-Hewitt Associates. 2006. A Guide To The Sarbanes-Oxley Act. *The Sarbanes-Oxley Act*. [Online] Addison-Hewitt Associates, 2006. [Citado em: 07 de 08 de 2010.] <http://www.soxlaw.com/index.htm>.

Alger, Douglas. 2005. *Build the Best Data Center Facility for Your Business*. s.l. : Cisco Press, 2005. ISBN: 1-58705-182-6.

APC. 2003. *Explanation of Cooling and Air Conditioning Terminology for IT Professionals*. s.l. : APC - American Power Conversion, 2003.

—. **2006.** InfrastruXure - Data Center on Demand. *APC - American Power Conversion*. [Online] 2006. [Citado em: 26 de maio de 2010.] http://www.apcmedia.com/pdf_downloads/litpdfs/996-4080A.pdf.

ASHRAE. 2009. *Thermal Guidelines for Data Processing Environments, 2nd Edition*. Atlanta, GA : ASHRAE - American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers, 2009. ISBN/ISSN: 978-1-933742-46-5.

Barroso, Luiz André e Hölzle, Urs. 2009. *The Datacenter as a Computer: An Introduction to the Design of Warehouse-Scale*. s.l. : Morgan & Claypool Publishers, 2009. ISBN: 9781598295573.

Bisquolo, Paulo Augusto. UOL. UOL Educação. [Online] UOL. [Citado em: 30 de 07 de 2010.] <http://educacao.uol.com.br/fisica/ult1700u36.jhtm>.

BOSCH. Glossário. *Bosch do It*. [Online] BOSCH. [Citado em: 2010 de 07 de 30.] <http://www.bosch-do-it.com.pt/bricoleiros/sabermassobrebricolage/gloss%C3%A1rio/pot%C3%A2ncia-nominal.shtml?alpha=80>.

Brancato, Pollette. 2003. *Teleco Inteligência em Telecomunicações. Teleco Inteligência em Telecomunicações*. [Online] 17 de Fevereiro de 2003. [Citado em: 15 de 03 de 2010.] http://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialidc/pagina_4.asp.

Bullock, Michael. 2009. Data Center Definitions and Solutions. *CIO*. [Online] 14 de Agosto de 2009. [Citado em: 16 de Maio de 2010.] <http://www.cio.com/article/print/499671>.

CEB. 2010. Orientações ao Cliente. *CEB - Companhia Energética de Brasília*. [Online] 24 de Maio de 2010. [Citado em: 24 de Maio de 2010.] <http://www.ceb.com.br/CebNovo/arquivos/Pdf/Tarifas%20Grupo%20A%20B%20052010.pdf>

CHLORIDE. 2010. Em Busca da Eficiência Energética. *CHLORIDE*. [Online] CHLORIDE, 2010. [Citado em: 05 de 08 de 2010.] <http://www.chloridepower.com/Documents/Protected-downloads/White-papers/Portugal/Trinergy-energy-saving-white-paper.pdf>.

Dados, Funcionários de um Centro de. 2010. *Levantamento de dados referentes a consumo elétrico, potência elétrica disponível, capacidade de refrigeração, etc..* Brasília, 03 de Maio de 2010.

Datacenter Knowledge. 2010. Datacenter Knowledge. *Datacenter Knowledge*. [Online] Miller Webworks LLC, 2010. [Citado em: 15 de 07 de 2010.] <http://www.datacenterknowledge.com/>.

European Commission. 2008. *Code of Conduct on Data Centres Energy Efficiency*. Ispra (VA) : Institute for Energy, 2008.

Evans, Tony. 2010. *Fundamental Principles of Air Conditioners for Information Technology (White Paper #57 Rev. 3)*. s.l. : APC - By Schneider Eletric, 2010.

Godoy, Arilda Schmidit. 1995. *Introdução à Pesquisa Qualitativa e suas Possibilidades*. São Paulo : RAE, 1995.

Google. 2009. Efficient Data Center Summit. *Efficient Computing*. [Online] 01 de 04 de 2009. [Citado em: 03 de 07 de 2010.] <http://www.google.com/corporate/green/datacenters/summit.html>.

Hennessy, John L. e Patterson, David A. 2007. *Computer Architecture a Quantitative Approach Fourth Edition*. San Francisco, CA : Morgan Kaufmann Publishers, 2007. ISBN 13: 978-0-12-370490-0.

ICOR. 2007. *Certified Data Center Professional student Guide*. Lombard, Illinois : ICOR - International Consortium for Organizational Resilience, 2007. 1.866.765.8321.

Intra Computer Inc. 2005. Natural Disaster In Computer Room. *Disaster Prevention System*. [Online] 2005. [Citado em: 22 de 05 de 2010.] <http://www.intracomputer.com/page2.html>.

ISO/IEC. 2005. *ISO/IEC:20000-1 - Information technology — Service management.* Geneva : the International Organization for Standardization / the International Electrotechnical Commission, 2005. ISO/IEC 20000-1:2005(E).

—. **2008.** *ISO/IEC:24762 - Information technology — Security techniques — Guidelines for information and communications technology disaster recovery services.* Geneva : the International Organization for Standardization / (the International Electrotechnical, 2008. ISO/IEC 24762:2008(E).

Martini, José Luiz de. 2010. *Infraestrutura para data centres. Planejando data centres de alto desempenho.* São Paulo : Power Premium Solutions, 2010.

Microsoft Global Foundation Services. 2010. Infrastructure Services. *Global Foundation Services.* [Online] 2010. [Citado em: 15 de 07 de 2010.] <http://www.globalfoundationservices.com/infrastructure/index.html>.

Mitchell-Jackson, Jennifer D., et al. 2001. *Data center power requirements: measurements from Silicon Valley.* s.l. : Elsevier Science Ltd., 2001.

Patel, Cahndrakant D. e Amip, Shah J. 2005. *Cost Model for Planning, Development and Operation of a Data Center.* Palo Alto : HP Laboratories Palo Alto, 2005.

Poniatowski, Marty. 2010. *Foundation of Green IT: Consolidation, Virtualization, Efficiency, and ROI in the Data Center.* Boston : Prentice Hall, 2010. ISBN: 978-0-13-704375-0.

Rasmussen, Neil. 2002. *Avoiding Costs from Oversizing Data Center and Network Room Infrastructure (White Paper #37).* s.l. : APC (American Power Conversion), 2002.

—. **2007.** *Calculating Total Cooling Requirements For Data Centers (White Paper #25).* s.l. : APC (American Power Conversion), 2007.

Sawyer, Richard. 2004. *Calculating Total Power Requirements for Data Centers (White Paper #3).* s.l. : APC - (American Power Conversion), 2004.

SGI. 2010. ICE Cube Modular Data Center. SGI. [Online] 26 de maio de 2010. [Citado em: 26 de maio de 2010.] <http://www.wgi.com/icecube>.

Singapore Standard. 2004. *SS507 - Singapore Standard for Business continuity/disaster recovery (BC/DR) service providers.* Singapore : Spring Singapore, 2004. ISBN 9971-67-984-1.

Stanford III, Herbert W. 2003. *HVAC Water Chillers and Cooling Towers. Fundamental, Application, and Operation.* New York : Marcel Dekker, Inc., 2003. ISBN: 0-8247-0992-6.

Sun Microsystems/Oracle. 2009. *Containerized Datacenters Solutions.* s.l. : Sun Microsystems, 2009.

TIA. 2005. *ANSI/TIA-942 - Telecommunications Infrastructure Standard for Data Centers.* Arlington, VA : TIA TELECOMMUNICATIONS INDUSTRY ASSOCIATION STANDARDS AND ENGINEERING PUBLICATIONS, 2005.

Toronto Hydro Eletric System. 2009. DCIP - Data Centre Incentive Program. *DCIP - Data Centre Incentive Program.* [Online] Toronto Hydro Eletric System, 2009. [Citado em: 15 de 07 de 2010.] <http://www.torontohydro.com/sites/electricsystem/electricityconservation/businessconservation/Pages/DataCentreIncentiveProgram.aspx>.

Tude, Eduardo. 2003. TELECO. *TELECO.* [Online] Teleco Informação e Serviços de Telecomunicações Ltda, 07 de Julho de 2003. [Citado em: 26 de Julho de 2010.] http://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorials/pagina_2.asp.

Uptime Institute. 2010. *Data Center Site Infrastructure Tier Standard: Topology.* New York : Uptime Institute, LLC, 2010.

Vergara, Sylvia C. 1998. *Projetos e Relatórios de Pesquisa em Administração.* São Paulo : Atlas, 1998.

ANEXO

A – TABELAS

Tabela A.1: Tabela de conversão de unidades térmicas.

Fonte: (Rasmussen, 2007)

DADO UM VALOR EM	MULTIPLIQUE POR	PARA OBTER
BTU por Hora	0,293	Watts
Watts	3,41	BTU por Hora
Tons	3,530	Watts
Watts	0,000283	Tons

Tabela A.2 : Classificações Ambientais para Equipamentos.

Fonte: (ASHRAE, 2009)

CLASSE	AR CONDICIONADO	CONTROLE AMBIENTAL	EXEMPLO DE EQUIPAMENTOS
1	SIM	ELEVADO	SERVIDORES, FRAMES DE DISCOS, ETC.
2	SIM	BAIXO	SERVIDORES, FRAMES DE DISCOS, ETC.
3	SIM	NENHUM	ESTAÇÕES DE TRABALHO, PC's, IMPRESSORAS, ETC.
4	NÃO	NENHUM	EQUIPAMENTOS DE PONTOS DE VENDAS

Tabela A.3 : Temperatura e Umidade Relativa do Ar.

Fonte: (ASHRAE, 2009)

CLASSE	TEMPERATURA EM °C		UMIDADE RELATIVA DO AR EM %	
	ACEITAVEL	RECOMENDAVEL	ACEITAVEL	RECOMENDAVEL
1	15 a 32	20 a 25	20 a 80	40 a 55
2	10 a 35	20 a 80	20 a 80	40 a 55
3	5 a 35	N/A	8 a 80	N/A
4	5 a 40	N/A	8 a 80	N/A

No site da TELECO³⁰, Eduardo Tude (2003) explica os conceitos de Disponibilidade e Indisponibilidade de um serviço, cujo conceito pode ser aplicado para inúmeras outras coisas, inclusive para equipamentos de informática.

³⁰ http://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialsla/pagina_2.asp

A indisponibilidade é definida como o percentual de tempo em que um serviço ou equipamento ficou fora de operação. Por exemplo, a indisponibilidade anual de um serviço, ou equipamento, que ficou fora de operação por um dia durante o ano é de $1/365 = 0,27\%$ (Tude, 2003).

A disponibilidade é definida como o percentual do tempo em que o serviço ficou em operação (Tude, 2003). Ou seja:

$$\text{Disponibilidade} = 1 - \text{Indisponibilidade}$$

No exemplo acima a Disponibilidade é 99,73% (Tude, 2003).

Tabela A.4 : Tabela de Disponibilidade.

Fonte: Tude (2003)

DISPONIBILIDADE EM %	TEMPO INDISPONÍVEL EM 1 ANO	
	VALOR	UNIDADE
99,9999999	0,03	segundos
99,999999	0,32	segundos
99,99999	3,15	segundos
99,9999	31,54	segundos
99,999	5,26	minutos
99,99	52,56	minutos
99,9	8,76	horas
99,0	3,65	dias
90	36,50	dias

B – QUESTIONÁRIO

O questionário a seguir foi elaborado com o intuito de coletar informações sobre o Centro de Dados estudado durante a entrevista realizada, e foi composto das seguintes perguntas:

1. Quando este Centro de Dados entrou em funcionamento?
2. Este Centro de Dados foi projetado para quantos anos de vida útil?
3. Qual a área total construída?
4. Qual a área destinada para a sala de computadores?
5. Qual o espaço disponível para *racks*? Quantos *racks* padrão de 19 polegadas são possíveis instalar no Centro de Dados?
6. Qual a potência elétrica disponível para o Centro de Dados?
7. Qual a potência elétrica disponível para a sala de computadores?
8. Qual a ocupação atual do Centro de Dados em %?
9. Quanto da potência elétrica disponível para a sala de computadores está sendo utilizada atualmente?
10. Existe alguma previsão para a carga futura?
11. Qual a densidade de potência suportada para equipamentos de TI (W/m^2)?
12. Que tipo de refrigeração é utilizado no Centro de Dados (direta ou *chillers*)?
13. Qual a capacidade de refrigeração do Centro de Dados?
14. Além dos subsistemas de energia elétrica e refrigeração, quais outros subsistemas existem neste Centro de Dados (segurança, conectividade, incêndio, etc.)?
15. Quantas pessoas trabalham diretamente neste Centro de Dados?
16. Sob a ótica da classificação de Centros de Dados em *tiers* do *Uptime Institute*, em qual *tier* este Centro de Dados se encaixa?
17. Qual a ocupação atual da sala de computadores deste Centro de Dados (espaço físico, energia elétrica e refrigeração)?
18. A infraestrutura atual dos subsistemas de energia elétrica e refrigeração permitem aumentar a densidade de potência por *rack* de forma a permitir a instalação de sistemas *blade*, os quais consomem aproximadamente 5kW por gabinete? O subsistema de refrigeração foi dimensionado para suportar uma carga térmica tão elevada (4 sistemas *blade* por *rack* gerando 20 kW de carga térmica por *rack*)?

19. A evolução tecnológica dos últimos anos trouxe algum desafio na utilização dos recursos de infraestrutura física (espaço físico, energia elétrica e refrigeração) para este Centro de Dados?
20. Quais foram estes desafios?
21. O que está sendo feito, ou planejado, para superar estes desafios?
22. Existe algum planejamento de ampliação futura para este Centro de Dados?
23. Existe algum planejamento para virtualizar ou consolidar os servidores deste Centro de Dados?

GLOSSÁRIO

BTU	Abreviação de <i>British Thermal Unit</i> . Medição de energia térmica comumente usada para medir cargas térmicas em centros de dados. O termo BTU é definido como a quantidade de energia térmica requerida para elevar a temperatura de 0,5Kg (1 Libra) de água em 1° Fahrenheit em uma hora (APC, 2003).
Calor	Calor é simplesmente uma forma de energia. Ela existe em todos os elementos da terra, em quantidades e intensidades variadas (APC, 2003).
Calor Latente	Energia térmica que deve ser transferida ou removida de uma substância para mudar o seu estado (APC, 2003).
CAPEX	CAPEX é a sigla da expressão inglesa <i>Capital Expenditure</i> (em português, despesas de capital ou investimento em bens de capital) e que designa o montante de dinheiro despendido na aquisição (ou introdução de melhorias) de bens de capital de uma determinada empresa.
Centro de Dados (<i>Data Center</i>)	Centro de Dados ou Centro de Processamento de Dados (CPD) é o local onde são concentrados os equipamentos de processamento e armazenamento de dados de uma empresa ou organização. Também conhecidos pelo nome em inglês, <i>datacenter</i> .
<i>Chilled Water System</i>	Tipo de sistema de refrigeração de precisão amplamente utilizado em centros de dados de médio e grande porte. Este sistema utiliza água como meio de refrigeração. Água gelada e bombeada do <i>Chiller</i> para os manipuladores de ar da sala de computadores com o intuito de refrigerar o ambiente (APC, 2003).
<i>Chiller</i>	Dispositivo usado para refrigerar continuamente grandes volumes de água. O <i>Chiller</i> utiliza o ciclo de refrigeração para produzir grandes volumes de água gelada (tipicamente entre 7-9° C) (APC, 2003).
Ciclo de Refrigeração	Ciclo fechado de evaporação, compressão e

	<p>condensação, o qual tem um efeito em rede para mover energia térmica de um ambiente para outro. O refrigerante troca seu estado físico de líquido para gasoso e volta para o estado líquido novamente toda vez que passa pelos componentes do ciclo de refrigeração. Durante a troca do estado físico do refrigerante energia térmica é absorvida ou liberada pelo mesmo (APC, 2003).</p>
Compressor	<p>Compressor é um componente essencial no ciclo de refrigeração, o qual utiliza energia mecânica para comprimir o gás refrigerante (APC, 2003).</p>
Comunicação de Dados	<p>Comunicação de dados é a disciplina da engenharia que trata da comunicação entre computadores e ou dispositivos diferentes através de um meio de transmissão comum.</p>
Condensação	<p>A condensação é a água resultante como o subproduto da desumidificação (APC, 2003).</p>
Correio Eletrônico	<p><i>E-mail</i>, correio eletrônico ou ainda email é um método que permite compor, enviar e receber mensagens através de sistemas eletrônicos de comunicação.</p>
CRAC	<p>Abreviação de Ar Condicionado de Sala de Computadores (<i>Computer Room Air Conditioning unit</i>) (APC, 2003).</p>
CRAH	<p>Abreviação de Manipulador de Ar da Sala de Computadores (<i>Computer Room Air Handling unit</i>) (APC, 2003).</p>
Densidade de Potência	<p>Potência elétrica usada em um espaço dividida pela área do mesmo (APC, 2003).</p>
Dispositivos de Armazenamento	<p>Dispositivo de armazenamento é um dispositivo capaz de gravar (armazenar) informação (dados).</p>
Entalpia	<p>Entalpia é uma grandeza física que busca medir a energia em um sistema termodinâmico que está disponível na forma de calor a uma pressão constante.</p>
Evaporação	<p>É o processo onde o líquido se transforma em vapor (APC, 2003).</p>
HVAC	<p>Abreviação para Calor, Ventilação e Ar-Condicionado (<i>Heating, Ventilation and Air</i></p>

Conditioning) (APC, 2003).

“N”, “N+1”, “2N”

Subsistemas de energia elétrica e refrigeração em um Centro de Dados são freqüentemente descritos utilizando a letra “N”, “N+1” ou “2N”, que é a representação do tipo de redundância que os componente destes subsistemas possuem. O “N” significa a ausência de redundância. O “N+1” significa que o subsistema possui redundância paralela, ou seja, caso o subsistema possua 2 ou mais componentes, existirá um componente adicional que será a redundância. O “2N” significa que o subsistema tem 100% de redundância para todos os componentes.

OPEX

Sigla derivada da expressão *Operational Expenditure*, que significa o capital utilizado para manter ou melhorar os bens físicos de uma empresa, tais como equipamentos, propriedades e imóveis.

Plenum

Espaço dedicado para distribuição ou retorno do ar refrigerado. O espaço abaixo do piso elevado e um exemplo de *plenum* (APC, 2003).

Ponto de Orvalho

Conhecido em inglês como *Dew Point* (DP), é a temperatura na qual o vapor da água inicia a condensação (APC, 2003).

Potência Elétrica

Potência elétrica é uma grandeza que mede a rapidez com que a energia elétrica é transformada em outra forma de energia (Bisquolo).

Potência Nominal

Potência que um equipamento elétrico consome a partir da fonte de energia (também denominada de potência absorvida). É indicada em watts na placa de características do equipamento, ou no manual (BOSCH).

Propriedade Intelectual

Propriedade intelectual é um monopólio concedido pelo estado. Segundo a Convenção da OMPI, é a soma dos direitos relativos às obras literárias, artísticas e científicas, às interpretações dos artistas intérpretes e às execuções dos artistas executantes, aos fonogramas e às emissões de radiodifusão, às invenções em todos os domínios da atividade humana, às descobertas científicas, aos desenhos e modelos industriais, às marcas industriais, comerciais e de serviço, bem como às firmas comerciais e denominações comerciais, à

	proteção contra a concorrência desleal e todos os outros direitos inerentes à atividade intelectual nos domínios industrial, científico, literário e artístico.
Refrigerante	Fluido de trabalho utilizado no ciclo de refrigeração (APC, 2003).
Serpentina de Condensação	É o meio de rejeição de calor comumente utilizado em sistemas de condicionamento de ar. Sua função é transferir energia térmica do refrigerante para o ambiente (APC, 2003).
Serpentina de Evaporação	Componente essencial utilizado no ciclo de refrigeração. O ar frio que sai do condicionador de ar transfere energia térmica para o refrigerante ao passar pela serpentina de evaporação (APC, 2003).
Servidores	Dispositivo eletrônico em um sistema de computação que fornece serviços a uma rede de computadores.
Sistema de Expansão Direta (DX)	Termo geral aplicado a sistemas de condicionamento de ar que possuem sistema de refrigeração próprio (APC, 2003).
Tecnologia da Informação (TI)	Tecnologia da Informação (TI) pode ser definida como o conjunto de todas as atividades e soluções providas por recursos de computação. Na verdade, as aplicações para TI são tantas - estão ligadas às mais diversas áreas - que existem várias definições e nenhuma consegue determiná-la por completo.
Temperatura	Medida da energia térmica em um corpo ou substância (APC, 2003).
Ton (resfriamento)	Medida de energia térmica comumente usada historicamente para medir cargas térmicas em Centros de Dados na América do Norte. Uma Ton é igual a 12.000 BTUs e é a quantidade de energia térmica requerida para derreter 907kg de gelo em 24h (APC, 2003).
Umidade relativa	Quantidade de vapor de água contido no ar relativo a quantidade máxima de umidade que o ar e capaz de reter. Expressa em % (APC, 2003).
Umidificação do ar	Processo de adicionar umidade ao ar (APC, 2003).
Umidificador	Dispositivo que umidifica o ar (APC, 2003).

Válvula de Expansão

Componente essencial utilizado no ciclo de refrigeração. Ela regula o fluxo do líquido refrigerante em alta pressão na serpentina de evaporação. Projetada para abrir somente o necessário para deixar passar o fluxo de refrigerante enquanto mantém uma alta diferença de pressão entre a entrada e a saída da mesma (APC, 2003).

Watt

Medida de energia comumente utilizada para medir cargas elétricas ou térmicas em Centros de Dados (APC, 2003).

Web Sites

Site, sítio, *saite*, *website*, *websítio*, sítio na Internet, sítio web, sítio na web, sítio electrónico (português europeu) ou sítio eletrônico (português brasileiro) é um conjunto de páginas web, isto é, de hipertextos acessíveis geralmente pelo protocolo HTTP na Internet.