



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS  
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO**

**ALTA DISPONIBILIDADE E ALTA  
ESCALABILIDADE EM *DATA CENTERS*  
ECOLOGICAMENTE SUSTENTÁVEIS:  
UM ESTUDO DE CASO NO CGCO - UFJF**

**Gabriel Tartaglia Soares**

JUIZ DE FORA  
DEZEMBRO, 2010

**ALTA DISPONIBILIDADE E ALTA  
ESCALABILIDADE EM *DATA CENTERS*  
ECOLOGICAMENTE SUSTENTÁVEIS:  
UM ESTUDO DE CASOS NO CGCO - UFJF**

**GABRIEL TARTAGLIA SOARES**

Universidade Federal de Juiz de Fora  
Instituto de Ciências Exatas  
Departamento de Ciência da Computação  
Bacharel em Ciência da Computação

Orientador: Eduardo Pagani Julio

**JUIZ DE FORA  
DEZEMBRO, 2010**

ALTA DISPONIBILIDADE E ALTA ESCALABILIDADE EM *DATA CENTERS*  
ECOLOGICAMENTE SUSTENTÁVEIS:  
UM ESTUDO DE CASOS NO CGCO - UFJF

Gabriel Tartaglia Soares

MONOGRAFIA SUBMETIDADA AO CORPO DOCENTE DO INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA COMO PARTE INTEGRANTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA OBTENÇÃO DO GRAU DE BACHAREL EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO.

Aprovada por:

---

Eduardo Pagani Julio, Mestre  
(Presidente)

---

Eduardo Barrére, Doutor

---

Ely Edison da Silva Matos, Mestre

JUIZ DE FORA, MG – BRASIL  
DEZEMBRO, 2010

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço em primeiro lugar aos meus pais, João Augusto e Mônica, pelo amor, apoio incondicional e pela oportunidade de chegar até aqui.

Ao meu irmão Bernardo, por toda sua compreensão e paciência.

A Carol, por todo seu amor e incentivo.

A toda minha família, em especial minha avó Madalena, por sempre terem sido um porto seguro em minha vida.

A todos os amigos com tive o prazer de trabalhar e aprender por tanto tempo no CGCO.

Ao meu orientador, Eduardo Pagani, por sempre ter sido uma fonte de inspiração.

Aos componentes da banca examinadora pela disponibilidade e boa vontade.

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	1
<b>2</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b>	3
2.1	CONCEITOS BÁSICOS	3
2.2	DISPOSITIVOS DE REDE	4
2.3	PROJETOS DE REDE	5
2.4	REDES HIERÁRQUICAS	7
2.5	ALTA DISPONIBILIDADE	8
2.5.1	DISPOSITIVOS TOLERANTES A FALHA	10
2.5.2	PLACAS DE REDE REDUNDANTE	11
2.5.3	TOPOLOGIAS DE REDE REDUNDANTES	11
2.6	CONCLUSÃO	12
<b>3</b>	<b>DATA CENTER</b>	13
3.1	OUTSOURCE	15
3.2	PROJETO DE DATA CENTERS	16
3.2.1	INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E LÓGICAS	19
3.2.2	REFRIGERAÇÃO	22
3.3	CONTINUIDADE DO SERVIÇO	25
3.4	CONCLUSÃO	28
<b>4</b>	<b>SUSTENTABILIDADE ECOLÓGICA</b>	29
4.1	AS VÁRIAS FACES DO VERDE	29
4.2	DATA CENTERS DE ALTA EFICIÊNCIA	30
4.2.1	REFRIGERAÇÃO E AVAC	31
4.2.2	VIRTUALIZAÇÃO	34
4.3	CONCLUSÃO	36
<b>5</b>	<b>ESTUDO DE CASO</b>	37
5.1	DESCRIÇÃO DA ESTRUTURA	37
5.2	ATUALIZAÇÕES DO DATA CENTER	38
5.2.1	SISTEMA DE AVAC	38
5.2.2	INFRA-ESTRUTURA ELÉTRICA	39
5.2.3	SERVIDORES	40
5.3	VIRTUALIZAÇÃO	43
5.4	TABELA DE COMPARAÇÃO	44
5.5	CONCLUSÃO	45
<b>6</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	47
	<b>REFERÊNCIAS</b>	48

## LISTA DE FIGURAS E TABELAS

Figura 1 Diagrama de Projeto de Rede .....	7
Figura 2 Estrutura da Rede Hierarquica .....	8
Figura 3 Alta disponibilidade através de placas de rede redundantes .....	11
Figura 4 Rede do Campus com pontos únicos de falha.....	12
Figura 5 Rede do Campus com alta disponibilidade através de topologia redundante.....	12
Figura 6 Instalações aéreas - visão frontal.....	20
Figura 7 Instalações aéreas - visão traseira.....	20
Figura 8 Instalações em pisos elevados.....	22
Figura 9 Processo de refrigeração do <i>Data Center</i> .....	24
Figura 10 Fluxo de ar através dos corredores quente e frio.....	25
Figura 11 Estrutura do VCS.....	27
Figura 12 Diferentes faces da TI Verde.....	30
Figura 13 Aumento da densidade de equipamentos por geração.....	31
Figura 14 Refrigeração de <i>Data Center</i> sem dutos de exaustão .....	32
Figura 15 Refrigeração de <i>Data Center</i> utilizando dutos de exaustão .....	33
Figura 16 Solução híbrida com teto inclinado e energia limpa suplementar .....	33
Figura 17 Eficiência energética através de servidores consolidados .....	35
Figura 18 <i>Storage</i> centralizado - visão virtual e física .....	36
Figura 19 Servidor <i>Desktop</i> (Dimensões: 20 x 42,70 x 61,30 cm) .....	41
Figura 20 Servidor de <i>Rack</i> (Dimensões: 8,76 x 44,80 x 71,71 cm) .....	41
Figura 21 Servidor <i>Blade</i> .....	42
Figura 22 <i>Blade Enclosure</i> - <i>Suporta até 16 servidores</i> .....	42
Figura 23 Controladora do <i>Storage</i> e uma de suas gavetas de disco.....	43
Tabela 1 Comparação entre infra-estrutura legada e atual.....	44
Tabela 2 Comparação da estrutura atual e seus futuros desafios .....	45

## LISTA DE SIGLAS

AVAC	Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado
BTU	<i>British Thermal Unit</i>
CGCO	Centro de Gestão do Conhecimento Organizacional
DHCP	<i>Dynamic Host Configuration</i>
DNS	<i>Domain Name System</i>
ERESA	Energia, Refrigeração, Espaço e Saúde Ambiental
FTP	<i>File Transfer Protocol</i>
GRI	Gerenciamento dos Recursos de Infra-estrutura
IDC	<i>Internet Data Center</i>
IP	<i>Internet Protocol</i>
KVA	Quilovoltampere
KWH	Quilowatt-Hora
LAN	<i>Local Area Network</i>
NFS	<i>Network File System</i>
NTP	<i>Network Time Protocol</i>
PDIOO	Planejamento <i>Design</i> Implementação Operação Otimização
RAM	<i>Random Access Memory</i>
SIGE	Sistema Integrado de Gestão Empresarial
SNMP	<i>Simple Network Management Protocol</i>
TB	<i>Terabyte</i>
TI	Tecnologia da Informação
TMDR	Tempo Médio de Reparo
TMEF	Tempo Médio Entre Falhas
UFJF	Universidade Federal de Juiz de Fora
VCS	<i>Veritas Cluster Server</i>
VoIP	<i>Voice Over IP</i>
WAN	<i>Wide Area Network</i>

## **RESUMO**

Este trabalho foi realizado com a finalidade de mostrar a importância de ambientes de alta disponibilidade e alta escalabilidade para o estilo de vida da sociedade moderna. São abordados os componentes principais de um *Data Center* e técnicas para garantir a continuidade dos serviços. O estudo também foca as práticas de TI Verde, a fim de transformar o *Data Center* em um ambiente de alta eficiência energética, de refrigeração e de utilização dos recursos computacionais. Para complementar, um estudo de casos é realizado em uma estrutura real, o *Data Center* institucional da UFJF, que foi capaz de resolver graves problemas através da adoção de muitas das práticas contidas neste trabalho.

**Palavras Chave:** *Data Center*. TI Verde. Disponibilidade, Escalabilidade



## **ABSTRACT**

This study was intended to show the importance of environments for high availability and scalability for modern society life style. The main components of a Data Center and techniques to ensure continuity of services are described. The study also focuses on the practices of Green IT in order to transform the Data Center into an environment of high efficiency in energy, refrigeration and use of computing resources. To complement, a case study is conducted in a real structure, the UFJF's institutional Data Center, which was able to solve serious problems through the adoption of many of the practices contained in this work.

**Key Words:** Data Center. Green IT. Availability. Scalability.

## 1 INTRODUÇÃO

As redes de computadores se tornaram cruciais para o estilo de vida da sociedade moderna. O crescimento exponencial da Internet na última década aconteceu de forma que poucos poderiam prever nos anos noventa. Os usuários que hoje fazem parte dessa grande rede dependem cada vez mais de seus serviços.

Órgãos governamentais, hospitais, empresas, virtualmente tudo do que dependemos também contam com seus sistemas computacionais baseados em rede, estendendo a dependência dessas tecnologias mesmo para pessoas que não utilizam seus serviços diretamente. Quanto mais dependemos desses sistemas computacionais em rede, mais somos afetados quando eles param.

Os sistemas computacionais dos quais dependemos, geram uma demanda crescente por ambientes que sejam capazes de fornecer os serviços de forma ininterrupta e que, ao mesmo tempo, possam absorver seu rápido crescimento.

Para os profissionais envolvidos no planejamento e operação desses ambientes, se faz necessário cada vez mais a antecipação de falhas. A previsão antecipada desses problemas possibilita reduzir seus impactos para os usuários finais. Essa redução se dá através do planejamento de ambientes de alta disponibilidade.

Segundo Oggerino (2001), um sistema possui alta disponibilidade quando seus serviços continuam funcionando ainda que ocorram falhas em componentes isolados ou sejam necessárias tarefas de manutenção ou ampliação desse sistema.

Ambientes escaláveis também são desejados. Com a massificação do acesso a tecnologia, temos cada vez mais usuários utilizando os serviços por ela disponibilizados. Esse aumento constante na demanda exige uma grande flexibilidade dos ambientes fornecedores desses serviços. É preciso expandir de forma prática e sustentável.

Com a crescente consciência ambiental surge também o conceito de TI Verde, abordando diversas práticas para uma utilização mais eficiente de recursos energéticos e computacionais.

A Universidade Federal de Juiz de Fora utiliza sistemas baseados em rede no auxílio de suas atividades administrativas há mais de uma década. Atualmente todos os setores da Universidade dependem desses sistemas para seu funcionamento.

Essa dependência, crescente ao longo dos anos, tornou o fornecimento desses serviços uma tarefa crítica, exigindo cada vez mais investimentos para implementação de uma infra-estrutura estável, escalável e de alta disponibilidade.

O Centro de Gestão do Conhecimento Organizacional (CGCO), vinculado à Diretoria de Sistemas de Informação da UFJF é responsável pela mobilização de

recursos da tecnologia da informação. Desta forma, suas práticas envolvem a análise, modelagem, desenvolvimento e atualização dos sistemas de informação, o gerenciamento lógico da rede de dados, a administração do *Data Center* da Universidade e a implementação de soluções tecnológicas.

É preciso conhecer de forma clara todos os componentes que fazem parte dessa infra-estrutura. Desde modelos de *layout* básico e disposição dos *racks* e equipamentos até o conhecimento profundo das aplicações que serão utilizadas no *Data Center*. Apenas dessa maneira é possível extrair o desempenho máximo desses ambientes.

Este trabalho tem como foco esclarecer o projeto e funcionamento de um *Data Center* ecologicamente sustentável, discutindo seus principais componentes, abordando práticas para garantir sua eficiência e técnicas para manter a continuidade de seus serviços. Em adição é realizado um estudo de casos do ambiente da UFJF, mostrando os grandes desafios vencidos ao longo dos últimos anos.

Este trabalho está organizado como segue. No capítulo 2 é abordada a infra-estrutura de rede. Sendo o meio de distribuição dos dados, o bom entendimento de sua estrutura é vital para garantir a continuidade dos serviços. No capítulo 3 as principais estruturas do *Data Center* são descritas, abordando principalmente sua fase de projeto. Dando continuidade, o capítulo 4 aborda o conceito de TI Verde, trazendo as principais técnicas utilizadas para alcançar a alta eficiência do *Data Center* tornando-o ecologicamente sustentável. Por fim, o capítulo 5 traz um estudo de casos do CGCO, abordando os grandes desafios que uma infra-estrutura real enfrenta ao longo dos anos e como projetos de atualizações de tecnologia podem ser utilizados para aumentar a eficiência e dar mais um passo em direção aos *Data Centers* ecologicamente sustentáveis.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

As redes de computadores representam um papel crucial na obtenção da alta disponibilidade e alta escalabilidade. Responsável pela distribuição dos dados entre os diferentes nós da infra-estrutura, sua arquitetura deve ser muito bem elaborada a fim de evitar gargalos e pontos de falha.

À medida que se aumenta a dependência nos sistemas computacionais, sejam eles serviços oferecidos na internet ou *intranets* responsáveis pela gestão de negócios em uma empresa, mais precisamos que a infra-estrutura responsável pela entrega desses serviços seja confiável, ou seja, é preciso conectividade a todo tempo, é preciso alta disponibilidade.

### 2.1 CONCEITOS BÁSICOS

Para se entender a estrutura de uma rede e como ela deve ser planejada, alguns conceitos são necessários (Arregoces, et al., 2004):

- **LAN:** *Local Area Network* é uma estrutura de rede de alta velocidade e relativamente barata que permite a comunicação entre computadores conectados. As LANs possuem um alcance limitado, tipicamente menos que algumas centenas de metros, sendo capaz de interconectar apenas dispositivos em uma mesma sala, prédio ou possivelmente em um mesmo campus. LANs são conexões sempre ativas, não sendo necessário discar ou se conectar de alguma forma quando se deseja enviar dados. Elas também pertencem à organização em que estão implantadas, portanto nenhum custo adicional está associado ao envio de dados. Tipicamente a tecnologia de acesso utilizada nessa rede é a *Ethernet*, sendo os padrões mais comuns atualmente: *Fast Ethernet*, definida pela especificação IEEE 802.3u e capaz de atingir taxas de até 100Mbps; *Gigabit Ethernet*, definida pela especificação IEEE 802.3z e 802.3ab e capaz de atingir taxas de até 1Gbps e as redes sem fio *Wireless LAN (WLAN)* definidas pelas especificações IEEE 802.11a, b, g e n, sendo capazes de atingir taxas de 54Mbps, 11Mbps, 54Mbps e 300Mbps respectivamente;
- **WAN:** *Wide Area Network*, são responsáveis pela interconexão de dispositivos separados por uma grande distância geográfica. Comparada a LAN, a WAN é tipicamente mais lenta, requerendo um pedido de conexão quando se deseja enviar dados e normalmente pertence a outra organização chamada de provedor de serviços. Uma taxa é paga a esse provedor de serviço pela utilização da WAN. Essa taxa pode ser um valor

fixo por mês ou variável de acordo com a utilização e a distância. Da mesma forma que existem várias tecnologias de acesso para as *LANs*, também existem diversos padrões de interconexões para as *WANs*, podendo se destacar *PPP*, *Frame Relay*, *HDLS*, *x.25* e *ATM*.

## 2.2 DISPOSITIVOS DE REDE

Tão importante quanto os conceitos de rede são também os dispositivos que integram sua infra-estrutura. Cada dispositivo possui sua funcionalidade, característica específica e seu papel dentro da hierarquia de distribuição da rede de dados bem definidos.

Os dispositivos mais relevantes que compõe a infra-estrutura de rede são (Teare, et al., 2005):

- **HUBS:** uma rede *LAN* típica utiliza cabos de par trançado com conectores RJ45 para interconexão. Como esses cabos possuem apenas duas pontas, um dispositivo intermediário é necessário para conectar mais do que dois computadores em uma mesma rede. Os HUBS trabalham na camada física da rede e conectam os dispositivos formando uma única rede *LAN* lógica. O *Hub* não possui inteligência, enviando todos os dados que recebe em uma porta para todas as outras. Cada dispositivo interconectado por *Hub* recebe tudo que o outro envia, mesmo que o dado não seja destinado a ele. Isso é análogo a estar em um quarto com várias pessoas, se você falar todos te ouvirão. Se mais de uma pessoa falar ao mesmo tempo, todos ouvirão apenas barulho. Todos os dispositivos interconectados por um *Hub* estão em um mesmo domínio de colisão;
- **SWITCHES:** Assim como ter várias pessoas em uma sala tentando falar pode resultar em ninguém ouvindo qualquer coisa inteligível, usar *Hubs* e qualquer outra coisa além de uma pequena rede não é eficiente. Para melhorar a performance, as *LANs* são subdivididas em várias *LANs* menores, interconectadas por *Switches* operando na camada de enlace da rede. Os dispositivos conectados por um *Switch* também formam uma única rede *LAN* lógica, entretanto, múltiplas conversas podem ocorrer simultaneamente entre esses dispositivos. Os *Switches* possuem alguma inteligência, encaminhando dados por uma porta apenas se ele precisa passar por ela. Um dispositivo conectado a uma porta do *Switch* não recebe nenhuma informação endereçada a dispositivos conectados

em outras portas. Dessa forma, a principal vantagem na utilização de *Switches* ao invés de *Hubs* é que o tráfego recebido por um dispositivo é reduzido, pois apenas os dados endereçados à aquele dispositivo específico é encaminhado para sua porta. Os *Switches* acompanham quem está onde, quem está falando com quem, e apenas envia os dados pra onde ele deve ir. Porém, se um *Switch* recebe uma informação em *broadcast* (informação endereçada a todos), por padrão ele envia esses dados para todas as portas, com exceção da porta que em que recebeu. Assim, todos os dispositivos conectados em um *Switch* estão em um mesmo domínio de *broadcast*;

- **ROTEADORES:** um Roteador vai um passo além do *Switch*. O roteador é um dispositivo que atua na camada de rede e possui muito mais inteligência do que o *Hub* ou *Switch*. Utilizando os endereços de rede, o Roteador possibilita a comunicação entre dispositivos de diferentes *LANs* e dispositivos separados por grandes distâncias e interconectados através da *WAN*. Análogo ao *Switch*, um dispositivo conectado a uma porta do Roteador recebe apenas as informações destinadas a ele. Apesar de possibilitar a interconexão entre *LANs*, o Roteador bloqueia os dados enviados por *broadcast*. Dessa forma, todos os dispositivos conectados em uma mesma porta do roteador se encontram em um mesmo domínio de *broadcast*, porém os dispositivos conectados em portas diferentes pertencem a domínios separados de *broadcast*. O fato de o roteador não encaminhar *broadcast* é uma diferença significativa entre o Roteador e o *Switch*. Vários protocolos de rede, como o *IP*, utilizam *broadcast* para anúncios de rotas, descoberta de servidores e serviços, entre outros. Esses *broadcasts* são um tráfego necessário em uma *LAN*, mas não é necessário em outras *LANs* e pode até sobrecarregar um link mais lento de uma *WAN*. Os roteadores podem gerar *broadcast* se necessário mas eles não encaminham nenhum *broadcast* recebido.

### 2.3 PROJETOS DE REDE

Segundo Teare (2005), um projeto pode ser descrito como o planejamento para se criar algo ou mesmo as próprias plantas em si. Entretanto quando se pensa em projetar algo, seja um produto, a ampliação de uma casa ou uma rede, um significado muito mais abrangente da palavra projeto é utilizado.

Quando se contrata um arquiteto para projetar a ampliação de uma casa, se espera que ele produza plantas detalhadas e desenhos de engenharia que possam ser utilizados para criar os espaços desejados. Para chegar nesse produto final, são necessários dados de entrada cruciais. Neste caso, pode-se considerar como dados de entrada cruciais as medidas, o estado e a utilização da casa já existente bem como o orçamento disponível para realizar sua ampliação.

O arquiteto então leva os requisitos do novo espaço juntamente com os dados cruciais de entrada para o projeto. Utilizando sua criatividade e treinamento, o arquiteto normalmente prepara várias opções que a este ponto ainda não estão totalmente desenvolvidas. Após a escolha de uma das opções, esta é então desenvolvida até seu projeto final. O arquiteto então pode fornecer um controle de qualidade contínuo durante sua implementação.

Analogamente, pode-se estender esses passos pra qualquer projeto. Para que se tenha um bom resultado final, dados de entrada de qualidade e requisitos bem definidos são críticos.

Segundo Oggerino (2001), entender a estrutura existente, se ela já existir, também é de extrema importância, pois ela tanto pode trazer restrições chave para o projeto quanto trazer grandes oportunidades.

O projeto de redes não é diferente. Entender os requisitos bem como conhecer a estrutura e a utilização da rede existente, é a chave para entender como a nova rede deve funcionar e quais recursos devem estar inclusos.

A CISCO® desenvolveu o ciclo por qual toda rede deve passar. Este ciclo é conhecido como PDIOO, Planejamento-Design-Implementação-Operação-Otimização. Essas fases são descritas por Teare, et al. (2005) como:

- **Planejamento:** identificação detalhada dos requisitos da rede e revisão da estrutura já existente.
- **Design:** a rede é projetada de acordo com os requisitos iniciais e novos dados são coletados através da análise da rede já existente.
- **Implementação:** o novo projeto é construído utilizando o projeto aprovado.
- **Operação:** a rede está operacional e passa a ser monitorada. Essa fase é o teste final do projeto.
- **Otimização:** durante essa fase, os problemas são detectados e corrigidos, tanto antes de surgirem quanto após a ocorrência de falhas. Pode ser necessário refazer o projeto caso existam muitas falhas.

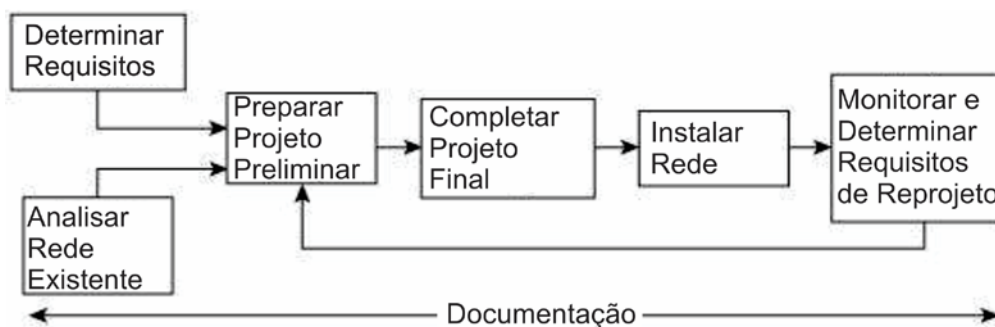


Figura 1 Diagrama de Projeto de Rede

Fonte: Teare (2005)

A figura 1 mostra todas as fases de um projeto de rede no decorrer do tempo. Segundo Alger (2005), em alguns projetos uma nova fase pode ser necessária. Esta fase é conhecida como Aposentadoria e se faz necessária quando parte da estrutura antiga está desatualizada e não é mais necessária.

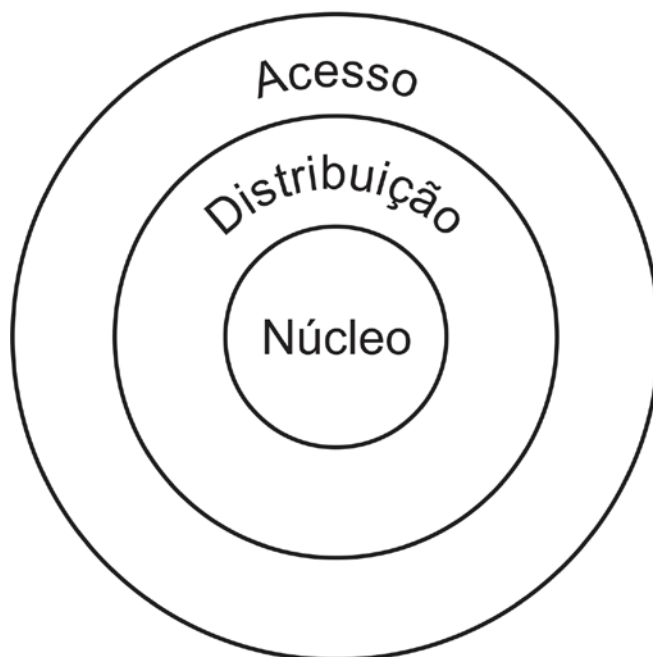
## 2.4 REDES HIERÁRQUICAS

De acordo com Oggerino, (2001), em uma rede hierárquica pode-se distinguir três camadas distintas em um projeto: Núcleo, Distribuição e Acesso. As funções de cada camada são descritas por Arregoces, et al. (2004) como:

- **Camada de Acesso:** prover ao usuário final acesso aos recursos da rede;
- **Camada de Distribuição:** implementa as políticas de utilização da organização e provê conectividade entre os dispositivos da Camada de Acesso e entre a Camada de Acesso e o Núcleo;
- **Núcleo:** prover conexão de alta velocidade entre os dispositivos da Camada de Distribuição e os recursos do Núcleo.

A figura 2 mostra a disposição abstrata dessas camadas. Elas também podem ser pensadas como módulos, onde cada módulo possui funções específicas e, portanto podem ser projetadas utilizando os melhores dispositivos e funcionalidades para atender cada um de seus requisitos.





**Figura 2 Estrutura da Rede Hierarquica**

**Fonte: Arregoces, et al. (2004)**

Nem sempre é necessário ter um dispositivo específico para cada camada. Em muitos casos a implementação do modelo hierárquico pode combinar mais de uma funcionalidade em um mesmo dispositivo.

## 2.5 ALTA DISPONIBILIDADE

Segundo Oggerino (2001), disponibilidade é a medida da frequência ou da duração que um serviço ou componente de um sistema está disponível para utilização. A interrupção de um componente é relevante para a disponibilidade de um sistema se esse componente é necessário para prover o serviço.

A disponibilidade também representa recursos que ajudam o sistema a se manter operacional mesmo que uma falha ocorra. O espelhamento de discos em servidores, por exemplo, é uma melhora na disponibilidade.

De acordo com Schmidt (2006), a medida base de disponibilidade é dada pela razão entre o tempo em que o sistema estava disponível e o tempo total. O tempo total inclui tanto o tempo de parada planejada quanto não planejada. Um ponto importante é a forma como o tempo é contado, podendo ser através de horas correntes ou tempo de serviço. Em geral horas correntes é mais utilizado para sistemas de alta disponibilidade. O efeito desta escolha é que mesmo paradas por manutenção regular ou preventiva diminuem a disponibilidade do sistema.

A mesma disponibilidade pode ser expressa em números absolutos (239 de 240h mês passado) ou como porcentagem (99,6%). Também pode ser expressa em termos relacionados com o usuário final. Por exemplo, em uma empresa com 1.000 funcionários a disponibilidade seria representada como 239.000 de 240.000 horas de trabalho. Essa representação nos dá um indicativo mais sério da 1h de parada. Durante este período 1.000h de trabalho foram perdidas.

Esta é a disponibilidade vigente do sistema e pode ser medida por sua existência. Segundo Schmidt (2006), para sistemas idênticos, experiências passadas podem servir como um plano guia. Tendo em mãos o tempo médio entre falhas (TMEF) e o tempo médio de reparo (TMDR), pode se expressar a disponibilidade estimada como:

$$disponibilidade = \frac{TMEF}{TMEF + TMDR}$$

Esta formula também mostra claramente como cada termo influencia na disponibilidade: diminuir o TMDR em um décimo tem o mesmo efeito de decuplicar o TMEF

$$\frac{10 \times TMEF}{10 \times TMEF + TMDR} = \frac{TMEF}{TMEF + TMDR/10}$$

Segundo Khanna, et al. (2009), em geral é muito mais caro ou até mesmo impossível, aumentar o TMEF em fatores tão altos, enquanto que diminuir o TMDR pode ser realizado através de melhorias no processo de reparo, equipamentos sobressalentes no local, caminhos redundantes nas redes, etc.

Como a computação por rede se tornou uma ferramenta vital de negócios, a disponibilidade ininterrupta de dados e serviços de rede se tornou crítica para a operação dos negócios. Aplicações como *e-commerce* e sistemas integrados de gestão empresarial (SIGE), bem como várias outras ferramentas de negócio de grande crescimento, necessitam de rápido acesso a dados e servidores através da rede. Para algumas empresas, como lojas exclusivamente *on-line*, a rede é virtualmente toda a infra-estrutura do negócio.

De acordo com Jayaswal (2006), devido ao rápido crescimento da informação na Internet e nas intranets institucionais, clientes e empregados se tornaram dependentes da disponibilidade de dados na rede. Ela se tornou um importante canal de *marketing*, relações públicas, informação de produtos e distribuição, e suporte e comunicação com clientes e empregados. Além disso, o *e-mail* se tornou o canal preferido de comunicação tanto intra-institucional quanto externa. Diferente do correio de voz, e-mails não possuem um custo de utilização incremental, suportando respostas automáticas e envio para múltiplos destinatários.

Os bancos de dados dos SIGE se tornaram o repositório de dados mais importante e atualizado para tomada de decisões de negócio críticas. Vários aplicativos baseado em rede são desenvolvidos para aumentar a eficiência de vendas, suporte ao cliente e recursos humanos. Esses aplicativos requerem acesso entre um e outro e ao banco de dados do SIGE para se conseguir a integração de aplicativos empresarial.

Além dos dados, várias outras aplicações, como *streaming* de mídia, *call centers* baseados em internet, voz e comunicações unificadas, também utilizam a rede IP. Isto leva a uma rede convergente, que será muito mais crítica do que qualquer serviço único de rede, suportando serviços de comunicações emergentes como vídeo sobre demanda, voz sobre IP (VoIP), conferências multimídia e transmissão ao vivo de áudio e vídeo de eventos remotos.

À medida que mais e mais serviços são consolidados em uma única infraestrutura de rede, a disponibilidade da rede passa a ser crítica para toda a organização. Se *e-mail* e voz utilizam a mesma infra-estrutura, a redundância entre esses dois meios de comunicação é perdida a menos que a própria rede garanta a disponibilidade.

Segundo Khanna, et al. (2009), a alta disponibilidade em uma rede pode ser alcançada introduzindo-se dispositivos tolerantes a falha, placas de rede redundantes e topologias de rede redundantes.

### 2.5.1 DISPOSITIVOS TOLERANTES A FALHA

Segundo Jayaswal (2006), uma das formas de se obter alta disponibilidade na rede é a utilização de equipamentos extremamente tolerantes a falha. Cada componente chave desses equipamentos possui um *backup*. Por exemplo, um *switch* tolerante a falhas possui fonte de alimentação, ventoinha, processador de comutação e *switch fabric* redundantes. Essa abordagem pode resultar num maior TMEF. Entretanto, existe uma série de inconveniências ao se tentar conseguir a alta disponibilidade com tolerância a falhas apenas no nível de equipamentos:

- Componentes duplicados aumentam o custo do equipamento;
- O *firmware* do equipamento deve ser inteligente o suficiente para detectar falhas e substituir o componente defeituoso;
- Componentes redundantes duplicados trabalham em modo *hot-standby* e, normalmente, não contribuem para o aumento de performance do equipamento como um todo;
- Mesmo que a rede seja feita de vários equipamentos tolerantes a falha, cada equipamento se torna um ponto único de falha.

## 2.5.2 PLACAS DE REDE REDUNDANTE

Segundo Oggerino (2001), existem duas formas de se implementar conexão redundante em um *host*: usar múltiplas placas para conectar o *host* a uma mesma rede ou conectar o *host* a mais de uma rede. O ideal é utilizar as duas técnicas simultaneamente e elas podem ser vistas na figura 3.

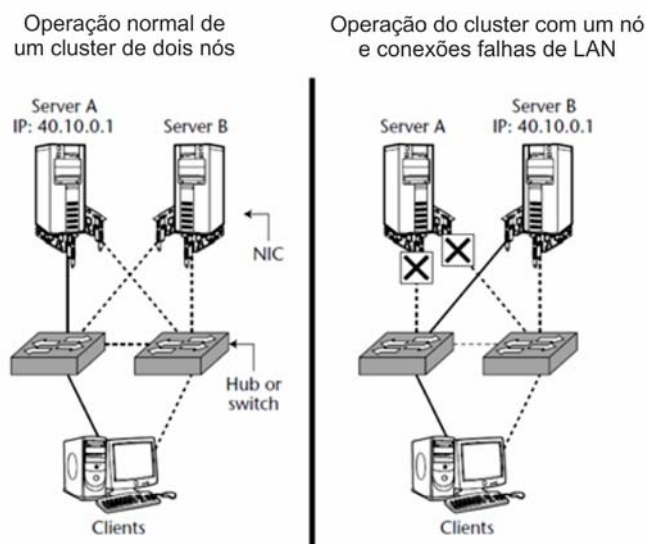


Figura 3 Alta disponibilidade através de placas de rede redundantes

Fonte: Alger (2005)

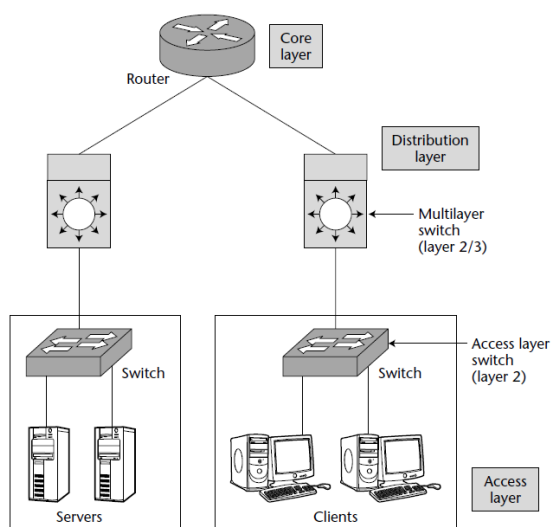
## 2.5.3 TOPOLOGIAS DE REDE REDUNDANTES

De acordo com Alger (2005), outra abordagem para se construir redes altamente disponíveis é prover redundância em nível de equipamento na topologia ao invés de prover no próprio *host* ou equipamento de rede. Para seguir essa abordagem é necessário configurar a redundância nos dispositivos e *links* da rede. Essa configuração é feita para que o equipamento alterne automaticamente entre o *link* primário falho e o *link* secundário. Os serviços de rede seriam brevemente interrompidos durante a transição de estado do *link* de *standby* para ativo. Neste caso, é importante garantir que esse tempo de *failover* é aceitável, normalmente durando alguns segundos. Os benefícios dessa abordagem são descritos por Jayaswal (2006) como:

- Problemas, alterações ou atualizações no *firmware* e parâmetros de configuração podem ser feitos separadamente nas estruturas primárias e de *backups* não causando interrupções na rede;
- Os dispositivos primários e de *backup* podem se localizar em áreas fisicamente separadas, reduzindo a chance de interrupção causada por problemas no ambiente físico;

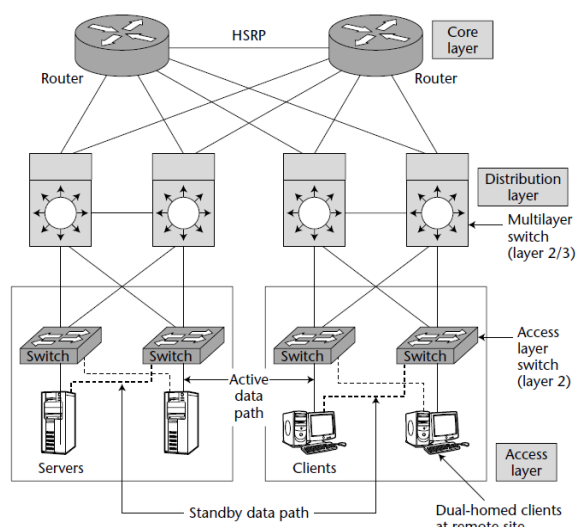
- Como a redundância é introduzida por um dispositivo de *backup*, os requisitos de tolerância a falhas em nível de componente podem ser relaxados;
- Os caminhos primários e secundários podem ser configurados para balancear a carga durante sua operação normal, aumentando a performance e capacidade de agregação.

Nas figuras 4 e 5, pode-se notar facilmente a diferença entre as topologias de rede com pontos únicos de falha e totalmente redundante.



**Figura 4 Rede do Campus com pontos únicos de falha**

Fonte: Alger (2005)



**Figura 5 Rede do Campus com alta disponibilidade através de topologia redundante**

Fonte: Alger (2005)

## 2.6 CONCLUSÃO

Neste capítulo foram vistos os conceitos básicos de uma infra-estrutura de rede e algumas técnicas para torná-la altamente disponível.

Mesmo que algumas organizações não migrem de forma rápida todas as aplicações de missão crítica para a rede, está claro que a alta disponibilidade dessa infra-estrutura está se tornando requisito básico.

A malha de rede é um componente crítico dentro do *Data Center* e deve garantir a alta disponibilidade da conexão. O acesso a informação deve ser ininterrupto.

### 3 DATA CENTER

Os *Data Centers* são sistemas complexos que englobam uma abrangente variedade de tecnologias que estão em constante evolução. De acordo com Arregoces, et al. (2004), projetar e manter a rede de um *Data Center* requer habilidade e conhecimentos que vão desde roteamento e comutação até balanceamento de carga e segurança, incluindo o conhecimento essencial de várias aplicações.

Ainda segundo Arregoces (2004), esses ambientes hospedam recursos computacionais críticos em ambientes controlados sobre um gerenciamento centralizado. Esses recursos computacionais incluem *mainframes*, servidores *web* e de aplicação, servidores de arquivo, aplicações e os sistemas operacionais em que são executadas, subsistemas de armazenamento e infra-estrutura de redes. As aplicações vão desde gerenciadores financeiros e de recursos humanos internos à organização até aplicações externas de *e-commerce* e *business-to-business*. Em adição, vários servidores são utilizados para suportar os serviços de operação da rede. Esses serviços incluem *Network Time Protocol* (NTP), *File Transfer Protocol* (FTP), *Domain Name System* (DNS), *Dynamic Host Configuration Protocol* (DHCP), *Simple Network Management Protocol* (SNMP) e *Network File System* (NFS).

Virtualmente, toda empresa possui um ou mais *Data Centers*. Alguns evoluíram rapidamente para acomodar os diversos ambientes de aplicação empresarial utilizando sistemas operacionais e plataformas de *hardware* distintas. Essa evolução resultou em ambientes complexos e heterogêneos encarecendo o custo de gerenciamento e manutenção. Além do ambiente de aplicação, a infra-estrutura de suporte de rede não evoluiu com a rapidez necessária para acomodar de maneira flexível as crescentes necessidades por redundância, escalabilidade, segurança e gerenciamento.

Segundo Khanna (2009), os benefícios de possuir um *Data Center* próprio incluem: o suporte para as operações da organização, a redução do custo total de operação e manutenção, a rápida implantação de novas aplicações e a consolidação de recursos computacionais.

Com o rápido crescimento da dependência em sistemas computacionais, a alta disponibilidade é um requisito para toda a infra-estrutura de TI. A visão empresarial da disponibilidade é uma medida única do desempenho geral do sistema. O importante é o quão confiável sua infra-estrutura é.

De acordo com Schmidt (2006), Interrupções não planejadas no serviço são caras e devem ser evitadas. As causas mais comuns de interrupções não planejadas são falhas de *hardware* ou *software*, erro humano, vírus de computador, ataques e desastres naturais.

De acordo com Jayaswal (2006), existem vários níveis de continuidade cuja separação não é bem delimitada. O custo também deve ser levado em conta. Assim como os tempos de parada de um serviço provoca perdas financeiras, a proteção contra eles também custa dinheiro. É preciso examinar o ambiente para construir uma lista de falhas mais prováveis, lutar contra os cenários mais sérios e contornar os problemas menos críticos. Os níveis de continuidade são classificados por Jayaswal (2006) como:

- **Confiabilidade:** representa a probabilidade de um componente ou sistema não falhar por um determinado período de tempo a partir do momento que é colocado em uso. O objetivo é tornar o componente ou sistema indestrutível;
- **Resiliência:** é a propriedade de um componente que o permite continuar funcionando com capacidade total ou parcial mesmo após uma ou várias falhas. A compensação é feita utilizando recursos alternados de correção de erro. Um exemplo é a memória de código de correção de erros (error-correction code - ECC). Se um erro é detectado, a área danificada é desativada e os endereços de memória são movidos para outra área que esteja funcionando corretamente;
- **Disponibilidade:** análogo a definição de redes, a disponibilidade mede a habilidade do sistema ou grupo de sistemas (*cluster*) de manter uma aplicação ou serviço acessível. Projetar para alta disponibilidade é assumir que o sistema vai falhar mas garantir que ele será capaz de mascarar e se recuperar dessa falha com um mínimo de interrupção da aplicação;
- **Suportabilidade:** é a probabilidade de uma tarefa ser executada dada uma determinada janela de tempo. Se um sistema possui suportabilidade de 0.98 para 3 horas, então existe 98% de chance da tarefa ser completada em 3 horas. Em uma situação ideal, a tarefa deve ser executada sem interrupção do sistema. Isto é possível através da utilização de componentes que permitam *hot-swap* como fontes de alimentação, ventoinhas, discos e placas.
- **Sistemas Tolerantes a Falha:** também análogo a definição em ambientes de rede, são sistemas que possuem componentes de *hardware* redundantes, sendo capazes de continuar em operação mesmo que um componente individual falhe;
- **Cluster de Alta Disponibilidade:** são aglomerados compostos de dois ou mais nós com interconexões externas, como disco compartilhado, com

o objetivo de manter um serviço ininterrupto mesmo que um dos nós falhe. Se um dos nós falhar, os outros deve ser capaz de absorver a demanda excedente do nó falho. Em uma situação ideal, o único tempo de parada seria o tempo de transição de um nó falho para outro que esteja disponível. Em um *cluster* de alta disponibilidade, o foco da redundância muda do componente de *hardware* ou servidor para a aplicação. Não importa em qual servidor está sendo utilizado mas que a aplicação esteja funcionando e disponível para os clientes e usuários;

- **Cluster de Alta Performance:** também conhecidos como *clusters* de computação paralela, é um aglomerado de computadores, trabalhando em conjunto para resolução de um mesmo problema e não como backup um do outro. Este tipo *cluster* é comumente utilizado em computação científica e renderização de gráficos tridimensionais. Este tipo de computação específica trabalha com arquivos gigantes e aplicações que podem sobrecarregar a maioria dos computadores. O *cluster* de performance atribui uma pequena tarefa a cada computador, paralelizando a resolução do problema.

### 3.1 OUTSOURCE

Antes de lançar o projeto de um *Data Center*, é preciso decidir se a estrutura será construída internamente à empresa ou se será *outsourced*, isto é, alugar ambientes de espaço de servidor de uma empresa externa especializada.

De acordo com Alger (2005), os ambientes de servidores *outsourced* são conhecidos por vários nomes como Internet *Data Center* (IDC) ou *Colocation* (compartilhamento de localização), mas o cenário é o mesmo. O servidor é hospedado longe de sua empresa, em um *Data Center* possuído e operado por um vendedor externo. Estes são normalmente ambientes gigantescos para servidores com infraestrutura de piso elevado e cercas de proteção para separar os equipamentos de cada inquilino. A empresa hospedeira provê e mantém toda a infra-estrutura do ambiente, como: energia elétrica, conectividade, resfriamento, espaço em *rack*, sistemas de proteção contra incêndio e monitoramento da temperatura. Nesses ambientes mesmo os equipamentos de rede podem ser de propriedade do inquilino ou também fornecidos pelo próprio vendedor. O custo de aluguel de um *Outsourced Data Center* pode variar de acordo com o espaço ocupado pelos servidores do inquilino, quantidade de energia consumida e o nível de conectividade e suporte requerido.



Quando o *Data Center* é construído dentro da própria organização, o ambiente e toda sua infra-estrutura são de sua posse. A organização determina seu projeto, direciona suas conexões e então gerencia o ambiente uma vez que ele entra em funcionamento. Isto deixa toda a responsabilidade do ambiente de servidores sobre a empresa, ao mesmo tempo em que também proporciona total controle sobre ele, desde sua concepção até sua operação diária.

De acordo com Alger (2005), a diferença chave entre *Data Centers* próprios ou *outsourced* é a responsabilidade, facilidade de acesso e investimento inicial. É preciso decidir quem vai cuidar dos equipamentos e dados mais críticos da organização, quem será responsável por garantir que o ambiente seja corretamente construído, gerenciado e mantido.

Ainda segundo Khanna, et al. (2009), outra abordagem em *Outsourced Data Centers* é a sua utilização como infra-estrutura secundária. Essa segunda infra-estrutura pode ser utilizada tanto como um *site* de *backup* que entra em operação em caso de desastre catastrófico na estrutura primária garantindo a continuidade dos negócios, quanto como uma estrutura em paralelo com seu *Data Center* principal, garantindo a qualidade do serviço em temporada de pico.

### 3.2 PROJETO DE DATA CENTERS

Quando se decide pela construção de um *Data Center* próprio, o primeiro passo para um projeto de sucesso é definir o propósito desse ambiente. Determinar as necessidades e as funções que o ambiente deve cumprir deve ser o ponto de partida para qualquer projeto.

De acordo com Khanna, et al. (2009), um ambiente projetado com as necessidades a longo prazo da organização em mente aumenta a produtividade e evita tempo de parada. Quando o *Data Center* continua funcionando durante uma queda no fornecimento de energia pública graças a um subsistema de fornecimento de *backup* e não há interrupção de interconectividade com os servidores devido ao bom gerenciamento das instalações de cabos, os funcionários continuam trabalhando e a organização permanece produtiva. Segundo Alger (2005), para se criar ambientes tão resilientes e benéficos, devem-se seguir cinco estratégias essenciais de *design*:

- **Robustez:** acima de tudo, o *Data Center* deve ser confiável. Sua razão primordial de existência é salvaguardar os equipamentos e aplicações mais críticos da organização. Independente de qualquer catástrofe externa, condições meteorológicas adversas, falhas nos serviços públicos ou qualquer outro imprevisto, o *Data Center* deve continuar funcionando

para garantir a continuidade das operações da organização. Para garantir isto a estrutura deve ter profundidade: fornecimento de energia de *backup* para suprir interrupções na rede pública e estrutura de rede redundante para contornar falhas em equipamentos isolados. Os sistemas primários não são os únicos suscetíveis a falhas então mesmo os sistemas secundários podem precisar de seus próprios subsistemas de backup. Em adição, a infra-estrutura deve ser pensada de forma a não possuir um calcanhar de Aquiles, isto é, nenhum ponto único de falha que ao apresentar defeito seja capaz de derrubar todo o *Data Center*,

- **Modularidade:** não apenas profundidade, mas também largura. É necessário energia, transmissão de dados e resfriamento por toda a sala para que novos equipamentos possam ser instalados de acordo com um plano lógico e não a mercê de qualquer lugar que possua conexões elétricas e de dados suficientes para seu funcionamento. Para alcançar essa infra-estrutura uniforme, é preciso projetar a sala em segmentos intercambiáveis. Deve-se armazenar os servidores com infra-estruturas idênticas em um mesmo *rack* e os *racks* em fileiras idênticas. A modularidade mantém a infra-estrutura do *Data Center* simples e escalável. Se um componente falha em uma seção do *Data Center*, o usuário pode simplesmente plugá-lo na mesma infra-estrutura em outra área e se tornar imediatamente operacional novamente;
- **Flexibilidade:** é seguro assumir que roteadores, *switches*, servidores e dispositivos de armazenamento vão avançar nos próximos anos. Eles vão avançar em funcionalidade e arquitetura e é papel do *Data Center* suportá-los. Eles podem se tornar maiores e mais pesados, ocupando mais espaço e consumindo mais energia. Também podem diminuir e necessitar de mais conexões de dados e resfriamento aumentando a densidade do *Data Center*. Podem inclusive incorporar novas tecnologias, exigindo uma infra-estrutura alternativa. Quanto melhor o ambiente responde a mudanças, mais ele se torna valioso e benéfico para a organização. Novos equipamentos podem ser instalados mais rápidos e mais facilmente, com um mínimo de custo ou interrupção para os negócios. *Data Centers* não são estáticos, portanto sua infra-estrutura também não pode ser. Deve-se projetar para a flexibilidade. A estrutura deve permitir que seus componentes sejam facilmente relocáveis. Deve

se instalar calhas de cabos fixos com moderação e evitar soluções proprietárias que prendam a uma única marca ou produto;

- **Padronização:** o *Data Center* deve ser um ambiente consistente. Isto provê a estabilidade para os servidores e equipamentos de rede que ele hospeda aumentando sua usabilidade. A modularidade da sala é uma boa fundação para isso, pois a partir do momento que se entende a infra-estrutura configurada em um *rack*, é possível entender todo o ambiente. Isto se torna possível através de práticas de etiquetamento uniforme, suprimentos consistentes e padrões de procedimento para toda a sala. Se uma organização possui múltiplos ambientes de servidores, eles devem ser projetados com uma mesma aparência. Mesmo que um *Data Center* necessite de infra-estruturas totalmente diferentes umas das outras, é preciso utilizar as mesmas sinalizações, padrões de cores de cabo e suprimentos para que se tornem consistentes. A padronização facilita o *troubleshooting* e assegura o controle de qualidade;
- **Boas práticas:** o *Data Center* deve ser projetado para encorajar o comportamento desejado. Este é um elemento sutil, raramente notado mesmo por aqueles que trabalham regularmente nesse ambiente. Incorporado as conveniências certas e eliminando as erradas definitivamente tornam o espaço fácil de gerenciar. Os usuários do *Data Center* são pessoas ocupadas. Eles procuram a solução mais rápida para o problema, principalmente quando estão correndo para trazer um sistema de volta ao funcionamento. Dar escolhas, geralmente, levam ao caminho de menor resistência. Deve-se garantir que o caminho levará onde se deseja chegar. Construir uma sala anexa onde os administradores possam abrir e retirar da caixa novos equipamentos, deixando o *Data Center* livre de entulhos, por exemplo. Deixar os corredores principais do *Data Center* mais espaçosos do que os corredores de fileiras de *rack*, criando um caminho óbvio para os administradores quando eles estiverem carregando servidores do tamanho de geladeira pela sala para instalação. Instalar telefones de parede com longos cabos para o fone por todo o *Data Center* se a interferência causada por celulares for uma preocupação, diminuindo sua utilização. Utilizar *cords* de cabos pré-testados para promover as práticas padrões de cabeamento. Se os *Data Centers* forem projetados para facilitar o exercício de boas práticas, seus usuários o farão.

### 3.2.1 INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E LÓGICAS

Outra decisão importante no projeto de *Data Centers* é a escolha de como serão feitas as instalações de cabeamento elétrico, lógico e resfriamento. Segundo Arregoces (2004) existem duas abordagens básicas para esses componentes: instalações aéreas através de eletrocalhas e componentes presos ao teto ou a utilização de pisos elevados.

#### 3.2.1.1 INSTALAÇÕES AÉREAS

Em instalações aéreas, o cabeamento estruturado e os conduítes de cabos elétricos são presos ao teto da sala. O resfriamento também é canalizando passando por cima das fileiras de *rack*.

De acordo com Alger (2005), a principal vantagem de se optar por essa estrutura é poder abrir mão da instalação do piso elevado. Esse tipo de instalação é mais econômico, ocupa menos espaço e se encaixa de forma mais conveniente em ambientes com menos espaço disponível. A utilização de eletrocalhas e componentes específicos presos ao teto é muito mais barata do que um sistema inteiro de piso elevado. Menos espaço é utilizado com instalações aéreas pois não há necessidade de rampa de acesso, que, dependendo da altura da elevação do piso e sua angulação, pode chegar a ocupar até dezoito metros quadrados. Tudo isso contribui para a redução de custos.

Entretanto, as instalações aéreas possuem uma série de desvantagens. Segundo Arregoces, et al. (2004), em grandes *Data Centers*, obter uma boa circulação do ar com sistemas de refrigeração no teto pode ser um grande desafio. Em ambientes com piso elevado, são utilizados dutos no teto para remover o ar quente e o ar frio é soprado através do chão. Esta técnica tira proveito do comportamento natural do ar quente. Outro inconveniente é a necessidade de escadas para plugar novos cabos. Com os administradores trabalhando, normalmente, de forma desconfortável, os riscos de desconexões acidentais é mais elevado.

Existem vários componentes para uma instalação aérea. O cabeamento estruturado e os conduítes elétricos são presos ao teto e distribuídos através de eletrocalhas e canaletas. Essas estruturas são dispostas de forma a levar os cabos até os *racks* de servidores onde serão utilizados.

De acordo com Alger (2005), as terminações de portas de rede e tomadas elétricas são normalmente instaladas em canaletas metálicas presas ao teto. As canaletas ajudam a organizar a infra-estrutura, possibilitando a aglomeração de conexões sobre cada *rack*.

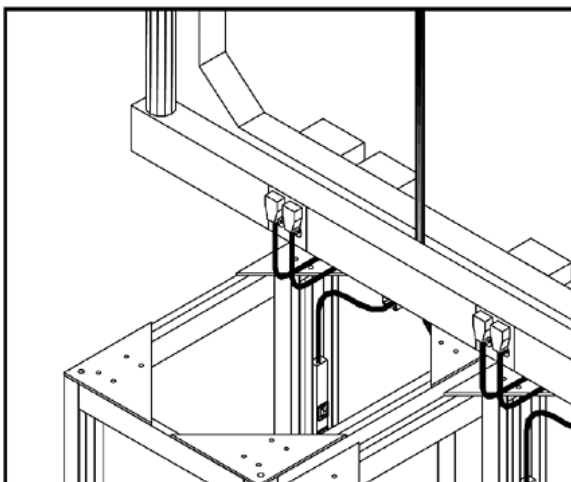


Figura 6 Instalações aéreas - visão frontal

Fonte: Schmidt (2006)

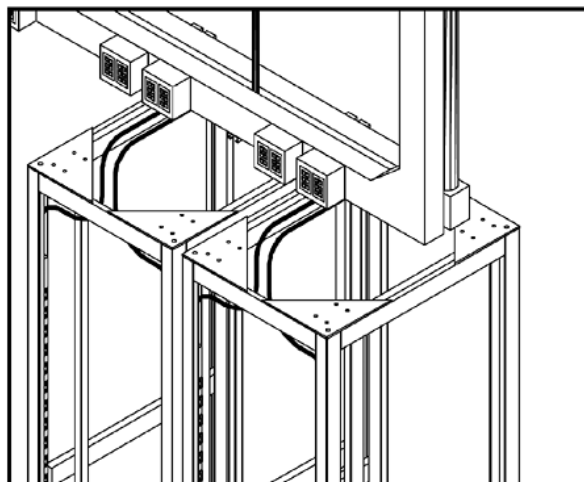


Figura 7 Instalações aéreas - visão traseira

Fonte: Schmidt (2006)

Como apresentado nas figuras 6 e 7, a frente do *rack* é orientada na mesma direção das tomadas elétricas enquanto sua traseira fica na mesma direção dos conectores de rede. Isto permite que os cabos de rede sejam plugados facilmente entre a parte de trás dos servidores e os conectores de rede. Infelizmente os cabos de energia só podem ser conectados após serem passados para a frente do *rack*. Como os cabos de rede e energia elétrica devem ser passados separadamente para evitar interferências, este é mais um inconveniente que não pode ser contornado quando se opta pela instalação aérea.

### 3.2.1.2 INSTALAÇÕES EM PISO ELEVADO

Em instalações com piso elevado, um sistema de barras horizontais e verticais é montado no piso do *Data Center*, criando uma grade elevada onde são colocados os painéis do piso falso. Isto cria uma superfície elevada sob a qual o cabeamento estruturado, os conduítes elétricos e o sistema de resfriamento são instalados.

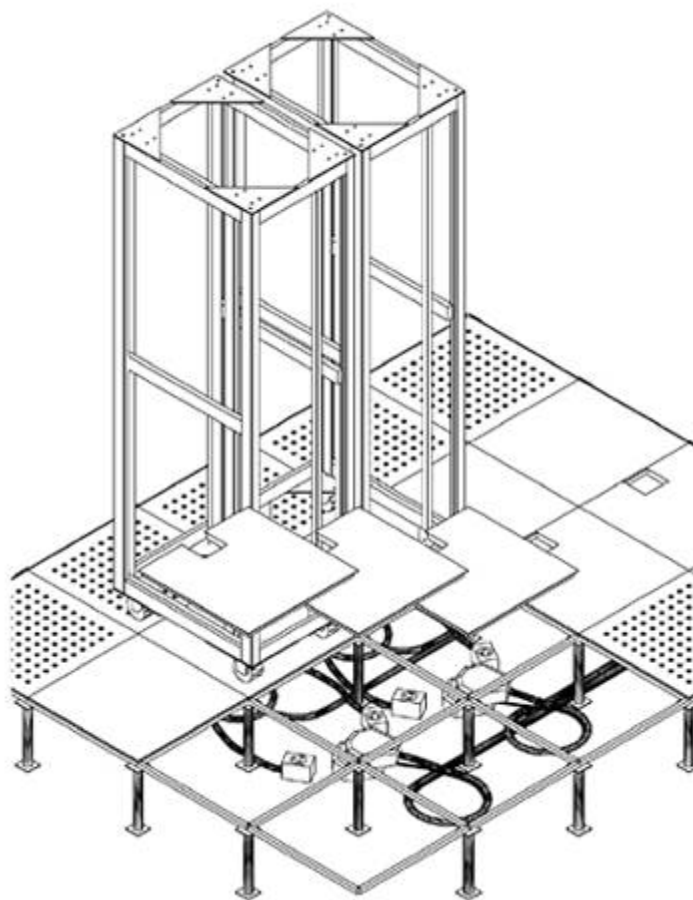
De acordo com Schulz (2009), as terminações elétricas e lógicas são posicionadas sob o piso falso embaixo de cada *rack* e os cabos são distribuídos em eletrocalhas presas ao chão. Uma infra-estrutura alternativa é a utilização das terminações dentro do próprio *rack*, nesta configuração os cabos de rede são ligados a um *patch panel* e os de energia em régua de tomada. O ar frio é soprado para o ambiente dos servidores através de painéis perfurados no chão falso do piso elevado.

Segundo Alger (2005), apesar de esta instalação ser mais onerosa, é a escolhida para a maioria dos *Data Centers* por trazer vários benefícios:

- O piso elevado cria um espaço dedicado para canalizar o ar frio. Este ar pode ser estrategicamente direcionado para cada *rack* utilizando placas perfuradas no piso elevado;
- Distribuir a infra-estrutura de rede e elétrica sob o chão tira de vista milhares de cabos e conectores, tornando-os menos suscetíveis a desconexões acidentais;
- Apesar da infra-estrutura de cabos não estar a vista, ela continua facilmente acessível através da remoção das placas do piso.

Se o piso elevado for escolhido para as instalações do *Data Center*, existem uma série de elementos que devem ser especificados em seu projeto: (Alger, 2005)

- **Altura do piso:** a altura pode variar muito dependendo das necessidades, a altura ideal para um determinado ambiente depende de fatores como: tamanho e forma do ambiente de servidores, quantidade de equipamentos, quantidade de ar frio necessária para refrigeração e quanta infra-estrutura de cabo será necessária sob o piso. Em geral são utilizadas alturas entre vinte e sessenta centímetros;
- **Mecanismo de acesso:** necessário para a entrada de pessoas e o transporte de equipamentos para a sala, este mecanismo pode ser rampa de acesso ou elevador. A rampa é a escolha mais popular, permitindo tanto a entrada de pessoas quanto equipamentos. Seu inconveniente é que quanto maior a elevação do piso mais espaço será ocupado por ela. O elevador é a alternativa à rampa, ocupando menos espaço mas possuindo um custo de instalação e operação muito mais elevado;
- **Capacidade de peso:** é o elemento mais importante do piso elevado. Quanto mais peso o piso elevado pode suportar mais equipamentos podem ser instalados. Em geral o piso deve ser capaz de suportar cerca de seiscentos a novecentos quilos por *rack*;
- **Tipos de placa:** as placas que compõem o piso falso podem ser lisas, perfuradas ou talhadas. As placas lisas são as mais utilizadas, cobrindo todos os corredores do *Data Center*. As placas perfuradas são utilizadas nos corredores de *rack* e especialmente dispostas para permitir a entrada de ar frio nos *racks*. Já as placas talhadas são utilizadas sob cada *rack*, possuindo grandes aberturas, são por elas que os cabos são passados para dentro do *rack*.



**Figura 8 Instalações em pisos elevados**

**Fonte: Schmidt (2006)**

A figura 8 ilustra uma instalação em piso elevado. Também deve-se levar em consideração projetar calhas no sub-solo. De acordo com Arregoces, et al. (2004), isto pode fornecer uma proteção contra a entrada de água dentro do *Data Center*. Elas devem ser dispostas paralelamente aos corredores de *rack* e bem profundas. A ideia é que sejam capazes de absorver toda a umidade antes de chegar à infra-estrutura de cabos instalada no chão.

### 3.2.2 REFRIGERAÇÃO

Em adição ao suprimento de energia e a conectividade, o *Data Center* precisa resfriar os servidores e equipamentos de rede. Segundo Jayaswal (2006), os dispositivos que controlam a temperatura em um prédio são referidos coletivamente como AVAC (Aquecimento, Ventilação e Ar Condicionado). A infra-estrutura de AVAC em um *Data Center* possui três funções: manter a temperatura baixa, mantê-la constante e espalhar ilhas de calor criadas por aglomerados de equipamentos.

Baixas temperaturas são necessárias para a operação eficiente dos servidores. Como a maioria dos dispositivos eletrônicos, os servidores funcionam de forma mais efetiva em baixas temperaturas. Segundo Alger (2005), em baixas temperaturas a resistência elétrica diminui, aumentando a velocidade de comunicação nos circuitos, os componentes eletrônicos se degradam mais lentamente e a dissipação de calor é mais eficiente. Os ambientes de servidores são mantidos tipicamente em temperaturas entre 18°C e 23°C, essa faixa de temperatura é adotada para manter o conforto das pessoas que trabalham dentro da sala e também por necessitar de uma quantidade imensa de energia para atingir temperaturas inferiores. Se essas considerações não valessem, os Data Centers seriam como grandes frigoríferos.

Ainda de acordo com Alger (2005), existe uma regra de ouro entre os fabricantes de que para o aumento de cada 10°C na temperatura ambiente, há uma diminuição de 50% da confiabilidade do dispositivo. Ou, colocando de outra maneira, a cada redução de 10°C no ambiente, a confiabilidade do dispositivo dobra. Esta estimativa vem da equação de Arrhenius. Essa equação afirma que a velocidade de uma reação química aumenta exponencialmente de acordo com a variação absoluta da temperatura. Para *hardwares* de computador, este fenômeno significa que capacitores e semicondutores possuem uma menor vida útil quando sujeitos a altas temperaturas.

Segundo Arregoces (2004), temperaturas constantes são necessárias em ambientes de servidores, pois as variações bruscas são prejudiciais aos servidores e dispositivos de rede. Na verdade, para esses equipamentos seria melhor permanecer em um ambiente sempre quente do que em um *Data Center* que varia entre quente e frio, desde que o calor não ultrapasse a temperatura máxima de operação recomendada pelo fabricante. Flutuações bruscas de mais de 5°C podem provocar graves problemas de corrosão e acúmulo de umidade, reduzindo drasticamente a vida útil do equipamento.

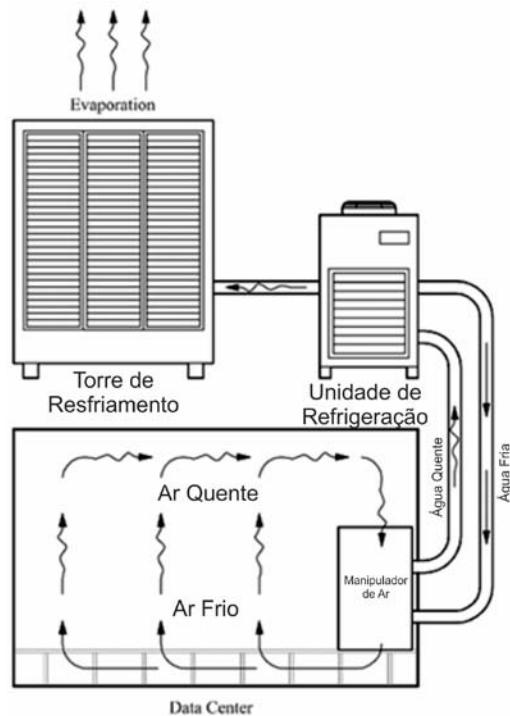
Finalmente, espalhar as ilhas de calor é necessário para prevenir que a exaustão de um aglomerado de equipamentos prejudique os dispositivos próximos. Segundo Khanna, et al. (2009), a formação de ilhas de calor se tornou mais intenso nos *Data Centers* modernos. Isto se deve ao aumento da densidade de servidores nos *racks*. As novas tecnologias permitem chassis cada vez menores, permitindo a instalação de muito mais servidores em um mesmo *rack*.

A refrigeração de grandes *Data Centers* é tipicamente realizada por sistemas de líquido refrigerado, que envolve principalmente três equipamentos, o manipulador de ar, a unidade de refrigeração e a torre de resfriamento.

Como visto na figura 9, o manipulador de ar é responsável pela circulação do ar dentro do ambiente. De acordo com Alger (2005), ele capta o ar quente da sala e sopra



ar frio. O ar é resfriado dentro do manipulador passando por diversas serpentinas contendo o líquido refrigerado. A unidade de refrigeração é responsável por resfriar este líquido. Este processo gera uma grande quantidade de calor que é dissipada pela torre de resfriamento.



**Figura 9** Processo de refrigeração do *Data Center*

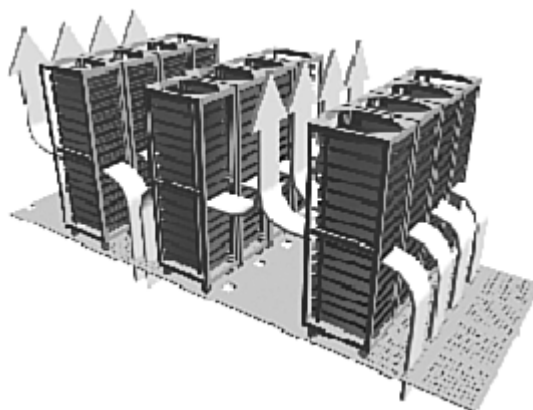
Fonte: Alger (2005)

Encher o *Data Center* de manipuladores de ar não é a única maneira de se livrar do calor. Segundo Lamb (2009), a maneira de organizar os itens do ambiente de servidores, bem como o tipo de *rack* utilizado podem ter um grande impacto na circulação de ar.

A solução mais simples para garantir uma boa circulação de ar é simplesmente separar o máximo possível um equipamento do outro. Esta solução nem sempre é viável devido ao espaço limitado dos *Data Centers*.

Como colocado anteriormente, as ilhas de calor são um grande desafio dos *Data Centers* modernos. De acordo com Alger (2005), uma abordagem para resolver esse problema e a falta de espaço para manter os equipamentos dispersos é projetar o *Data Center* para criar as ilhas de calor em locais previsíveis. A refrigeração é então facilmente direcionada para lidar com esta situação. Esta técnica é conhecida como corredor quente, corredor frio.

Para criar esses corredores deve-se dispor as fileiras de *racks* em direções alternadas, assim tem-se a frente de uma fileira virada para a frente da próxima e suas costas voltada para a as costas da fileira seguinte. Na frente de cada *rack* deve-se utilizar placas perfuradas no piso elevado para permitir que o ar frio flua para o corredor, este será o corredor frio. No corredor quente devem-se instalar os coletores de ar dos manipuladores. Na figura 10 é possível ver o fluxo de ar nesses corredores.



**Figura 10 Fluxo de ar através dos corredores quente e frio**

**Fonte: Alger (2005)**

Esta solução é possível, pois a grande maioria dos equipamentos e servidores captam o ar pela frente e fazem sua exaustão pela parte de trás, permitindo o perfeito fluxo de ar para sua refrigeração.

### 3.3 CONTINUIDADE DO SERVIÇO

A alta disponibilidade não é requerida apenas na infra-estrutura. De nada adianta possuir conectividade com a rede se o próprio servidor que hospeda o serviço falhar. Como visto anteriormente, devem-se remover todos os pontos únicos de falha da estrutura.

Para garantir que um serviço continue acessível quando seu servidor falhar é preciso que um segundo servidor de *backup* assuma as requisições do equipamento inoperante. A partir dessa idéia surgem os conceitos de *clusters* de alta disponibilidade e balanceamento de carga.

Segundo Schlossnagle (2007), os termos alta disponibilidade e balanceamento de carga são comumente trocados e utilizados incorretamente. Isto acontece pois os materiais promocionais e descrições da maioria dos produtos disponíveis no mercado combinam esses dois termos como se fossem a mesma coisa. Alta disponibilidade é um conceito ortogonal ao balanceamento de carga.

Ainda de acordo com Schmidt (2006), alta disponibilidade é a capacidade de um sistema continuar disponível mesmo que ocorram pontos únicos de falha. O balanceamento de carga consiste em prover o serviço através de múltiplos sistemas separados, onde seus recursos são combinados de forma efetiva distribuindo as requisições por todos esses sistemas.

Ao combinar a utilização dessas duas técnicas consegue-se obter um sistema extremamente robusto, garantindo que o serviço provido continue disponível sem desperdiçar recursos com servidores inativos apenas para *backup*. Adotando-se o conceito de balanceamento de carga em um *cluster* de alta disponibilidade é possível utilizar os componentes redundantes para aumentar o desempenho total do sistema.

Segundo Schlossnagle (2007), se um servidor possui apenas 90% de disponibilidade ele fica indisponível por 2,4 horas por dia. Este é um exemplo extremo, a maioria dos servidores são mais confiáveis. Com dois desses servidores, a probabilidade de que os dois falhem ao mesmo tempo é dada por  $0,1 \times 0,1 = 0,01$ , ou seja, o serviço hospedado em um cluster formado por esses dois servidores utilizando alta disponibilidade e balanceamento de carga, ficaria indisponível apenas 14,4 minutos por dia. Utilizando seis desses servidores não confiáveis, a probabilidade de todos pararem ao mesmo tempo seria de 0,000001. A disponibilidade total do sistema seria então de 99,9999%.

De acordo com Khanna (2009), o balanceamento de carga espalha o trabalho por vários servidores. O conjunto de servidores responsável por atender requisições de um mesmo serviço é conhecido como fazenda de servidores. O tempo de resposta para o usuário final diminui, especialmente para tarefas que exigem mais processamento. Cada servidor hospeda uma cópia independente da aplicação.

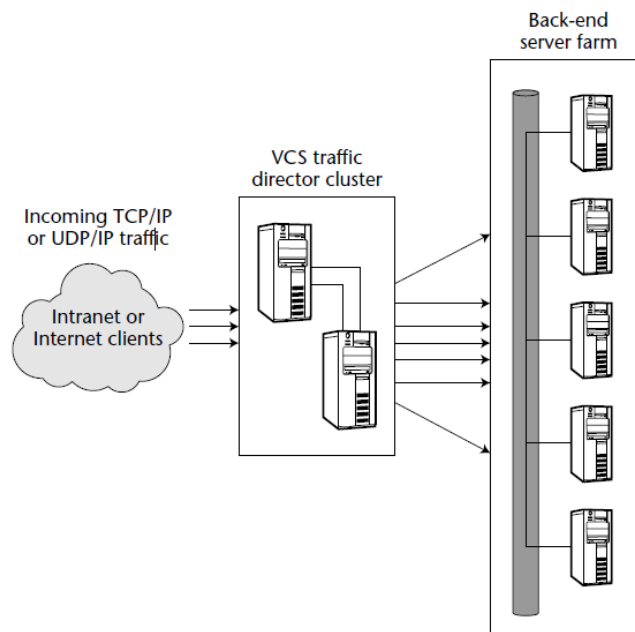
Este conceito contribui também para a escalabilidade. Se novos serviços são adicionados a uma aplicação ou o número de seus usuários crescem, o tráfego e o número de requisições certamente crescerá. Através do balanceamento de carga se torna mais fácil adicionar novos servidores à fazenda para suportar este crescimento.

Segundo Schlossnagle (2007), existem duas formas de se fazer o balanceamento de carga: via *appliances* (*hardwares* que implementam funcionalidades específica na rede) ou via *software*.

Uma das soluções mais baratas e simples é o *Round-Robin DNS*. Esta solução consiste em declarar o mesmo domínio para os diversos *hosts* que fazem parte da fazenda de servidores daquele determinado serviço. A cada nova solicitação de resolução de nomes o servidor DNS alterna ciclicamente entre os IPs declarados. Esta solução não introduz alta disponibilidade e não possui nenhum tipo de inteligência,

distribuindo as requisições de forma alternada entre os servidores. Esta técnica pode acabar sobrecarregando um determinado servidor com requisições mais pesadas, pois não é capaz de fazer a distribuição de forma justa. Outro problema é o *cache* de DNS nas máquinas clientes. Quando existe uma parada programada, a máquina que entrará em manutenção é tirada da lista de *Round-Robin*, entretanto, seu IP pode estar sendo utilizado por algum cliente que ainda não tenha executado nova consulta ao servidor DNS. Quando o servidor parar o serviço estará indisponível para esse cliente até que seu *cache* seja limpo e a nova consulta seja realizada.

O *Veritas Cluster Server* é a solução proprietária multi-plataforma fornecida pela SYMANTEC®. Esta solução é capaz de executar as tarefas tanto de balanceamento de carga quanto garantir a alta disponibilidade. Se um servidor falha seus serviços são migrados para outro nó da fazenda de servidores. Para isto é utilizado o módulo *Traffic Director* que consiste de um ou mais servidores que intermediam o tráfego entre o cliente e a fazenda de servidores. Este módulo possui inteligência suficiente para direcionar o tráfego para os servidores menos sobrecarregados, aumentando o desempenho do sistema global. A figura 11 ilustra a estrutura de clusters VCS.



**Figura 11 Estrutura do VCS**

**Fonte: Schlossnagle (2007)**

Para servidores Linux também existe uma solução livre e de código aberto fornecida pelo projeto Linux-HA. Esta solução trabalha de forma análoga ao VCS e introduz as mesmas funcionalidades.

As soluções via *hardware* através de *appliances* de rede podem ser obtidas a partir dos principais fabricantes de equipamentos de rede como *CISCO®*, *JUNIPER®* e *F5 NETWORKS®*. Estas soluções também são análogas ao VCS tendo como principal vantagem a substituição dos servidores genéricos que hospedam o *Traffic Director* por um dispositivo especializado para esta função.

### 3.4 CONCLUSÃO

O bom entendimento das estruturas que compõe um *Data Center* é de extrema importância para projetar novos ambientes e corrigir os problemas de ambientes legados.

Manter a continuidade dos serviços providos pelo *Data Center* é crucial para aumentar sua confiabilidade e evitar perdas financeiras. Em um mundo cada vez mais dependente dos sistemas computacionais em rede esta característica se torna vital para a maioria dessas infra-estruturas.

Entretanto é preciso utilizar de forma eficiente os recursos disponíveis, evitando o desperdício e contribuindo para seu crescimento sustentável.

## 4 SUSTENTABILIDADE ECOLÓGICA

De acordo com Lamb (2009), Tecnologia da Informação (TI) é o coração de toda empresa moderna bem sucedida. Sem TI, o sucesso é impossível. Entretanto, a profunda utilização de tecnologia causou um efeito colateral significativo e não intencional, contribuindo de forma notável para o aumento da dependência mundial insustentável de combustíveis fósseis. A conscientização deste efeito colateral, mesmo que tardia, conduziu algumas grandes empresas a mudarem para práticas mais sustentáveis conhecidas como TI Verde. A TI Verde trata da utilização de recursos tecnológicos de forma mais eficiente para alcançar a redução do consumo de energia elétrica.

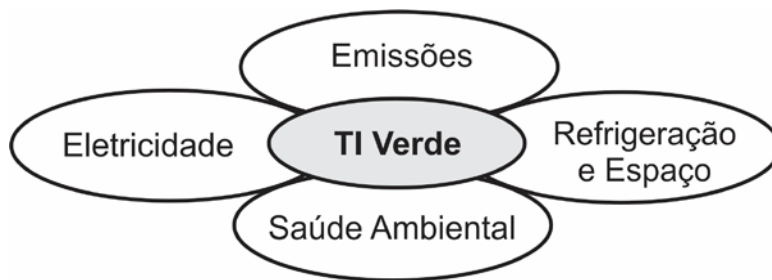
A utilização de TI é tão penetrante que alcançar eficiência energética através da TI Verde se tornou a principal estratégia de várias empresas que buscam alcançar práticas ecologicamente amigáveis. É importante ressaltar que, em países como o Brasil, onde a maior parte da energia elétrica é gerada através de fontes renováveis e não poluentes, o impacto ambiental provocado pelo consumo de energia elétrica é menor.

Segundo Lamb (2009), o consumo de energia elétrica de *Data Centers* apenas nos Estados Unidos dobrou de 2000 para 2006, sendo de aproximadamente 61 bilhões de KWH. Estima-se que esse consumo dobrará novamente até 2011 chegando a mais de 100 bilhões de KWH, representando uma conta anual de eletricidade de 7,4 bilhões de dólares.

*Data Centers* verdes e energeticamente eficientes podem ajudar a reduzir a emissão de gases do efeito estufa, reduzindo também o impacto do aquecimento global.

### 4.1 AS VÁRIAS FACES DO VERDE

Segundo Schulz (2009), para suportar o crescimento das empresas e garantir a sustentabilidade econômica, organizações de todos os tamanhos precisam estabelecer uma estratégia para reduzir o impacto de suas necessidades por energia, refrigeração, espaço construído e saúde ambiental (ERESA). As necessidades de ERESA apontam as diferentes faces para se tornar verde na tecnologia da informação e são ilustradas na figura 12, tendo a emissão de gases do efeito estufa como consequência dessas necessidades.



**Figura 12** Diferentes faces da TI Verde

**Fonte:** Schulz (2009)

Ainda de acordo com Schulz (2009), os tópicos de saúde ambiental incluem a eliminação de substâncias perigosas, eliminação do lixo tradicional e eletrônico e reciclagem. Além de suportar o crescimento, os benefícios da TI Verde incluem a alavancagem de novos e melhores serviços da informação, agilidade de negócio e melhorias na relação custo-benefício para se manter competitivo enquanto reduz o impacto ambiental.

O custo da eletricidade sobe cada vez mais, espaços disponíveis no *Data Center* são um luxo para a maioria das empresas. As capacidades de refrigeração e distribuição de eletricidade também já estão nos limites. Agências reguladoras para saúde ambiental bem como emissão de gases e eficiência energética estão surgindo em vários países. Todos esses fatores estressam uma infra-estrutura já antiquada, o que afeta o crescimento da organização, a sustentabilidade econômica, a escalabilidade, a disponibilidade e a complexidade do custo operacional.

#### 4.2 DATA CENTERS DE ALTA EFICIÊNCIA

Novos *Data Centers* podem ser projetados para serem verdes e energeticamente eficientes. As instalações já existentes podem ser atualizadas e melhoradas para resolver os vários problemas energéticos e ambientais. Para isso, é crucial entender todos os componentes de um *Data Center*.

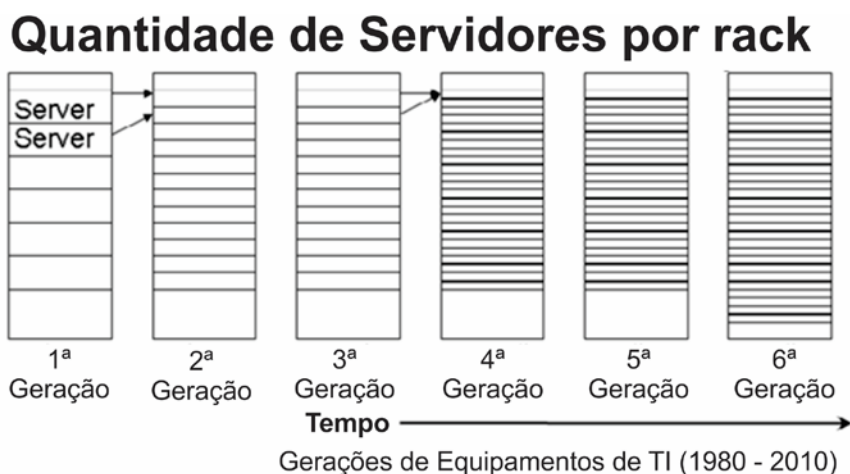
Segundo Schulz (2009), para um *Data Center* funcionar no seu pico de eficiência são adotadas boas práticas, métricas e medidas, fazendo parte do gerenciamento dos recursos de infra-estrutura (GRI). Combinado com as instalações e equipamentos operando de forma eficiente, o resultado é um *Data Center* sustentável e econômico.

De acordo com Khanna (2009), problemas e desafios comuns de um *Data Center* incluem a demanda contínua por novos serviços de TI como processamento, armazenagem e distribuição de dados. Composto isto está o crescente custo de energia elétrica, limitação da disponibilidade de energética e redes de distribuição elétrica

restritas. Nos *Data Centers* atuais e antigos, metade de toda a eletricidade utilizada é consumida pelos sistemas de AVAC. Além dos problemas energéticos e de refrigeração, a falta de espaço devido à expansão de equipamentos é comum, principalmente nas instalações mais antigas que ainda não utilizam equipamentos de alta densidade.

Segundo Schulz (2009), o aumento da densidade dos equipamentos de TI para sustentar o crescimento da organização e suportar novas funcionalidades de aplicações também resulta em vários desafios:

- Mais energia é requerida por metro quadrado no *Data Center*
- Mais servidores, *storages* e equipamentos de rede por *rack*
- Mais peso por metro quadrado
- Maior necessidade de refrigeração
- Mais máquinas virtuais e sistemas operacionais por máquinas físicas



**Figura 13 Aumento da densidade de equipamentos por geração**

**Fonte: Schulz (2009)**

Na figura 13 pode-se observar o aumento da densidade de equipamentos à medida que a tecnologia evolui. Além da diminuição de espaço, cada geração também introduz um aumento na capacidade computacional e velocidade de conexão. O espaço excedente pode ser ocupado pelo crescimento natural das necessidades do *Data Center*.

#### 4.2.1 REFRIGERAÇÃO E AVAC

Com a refrigeração e ventilação consumindo cerca de 50% de toda energia elétrica da maioria dos *Data Centers*, melhorar o fluxo de ar e o sistema de refrigeração de forma a torná-lo mais eficiente e econômico terá um impacto positivo.



Segundo Alger (2005), Existem várias estratégias para a implementação de sistemas de AVAC, a maioria delas envolve o conceito de corredor frio e corredor quente. Para áreas onde o espaço pode impedir a instalação de pisos elevados, pode se adotar a abordagem de equipamentos de refrigeração no topo de cada *rack*. O resfriamento também pode ser feito em *racks* vedados forçando o fluxo de ar frio pra dentro de cada gabinete ou utilizando líquidos refrigerados.

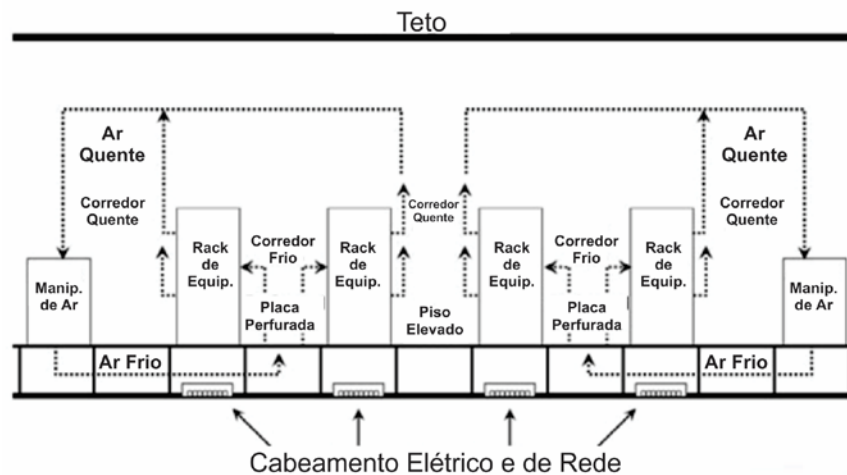


Figura 14 Refrigeração de *Data Center* sem dutos de exaustão

Fonte: Schulz (2009)

A figura 14 mostra um *Data Center* com teto exposto e sem dutos de exaustão. Neste exemplo o ar quente é sugado para dentro dos manipuladores de ar, é resfriado e soprado para o piso elevado. Para otimizar a circulação de ar é vital que os cabos do piso elevado e dentro de cada *rack* estejam bem organizados e ocupando o mínimo de espaço.

De acordo com Khanna (2009), uma variante desta abordagem envolve a utilização de teto falso onde placas perfuradas são colocadas estrategicamente sobre cada corredor quente como ilustrado na figura 15. Dessa forma é possível remover o calor de forma mais eficiente e direcionada.

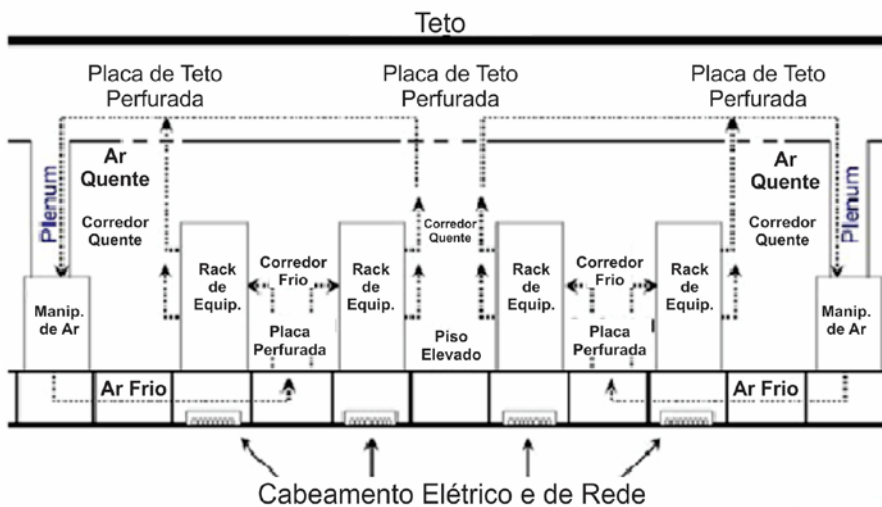


Figura 15 Refrigeração de *Data Center* utilizando dutos de exaustão

Fonte: Schulz (2009)

Segundo Schulz (2009), outra variante mostrada na figura 16 permite que o ar quente suba para um teto em formato angular. O ar quente sobe até o ponto mais alto do teto e a medida que vai resfriando vai descendo até ser captado pelo manipulador de ar. Essa abordagem permite resfriar o ar até a temperatura desejada utilizando menos energia, pois o ar captado não está mais tão quente. A geração de energia limpa suplementar pode ser combinada a esta solução, reduzindo a utilização de energia proveniente de fontes poluentes e não renováveis.

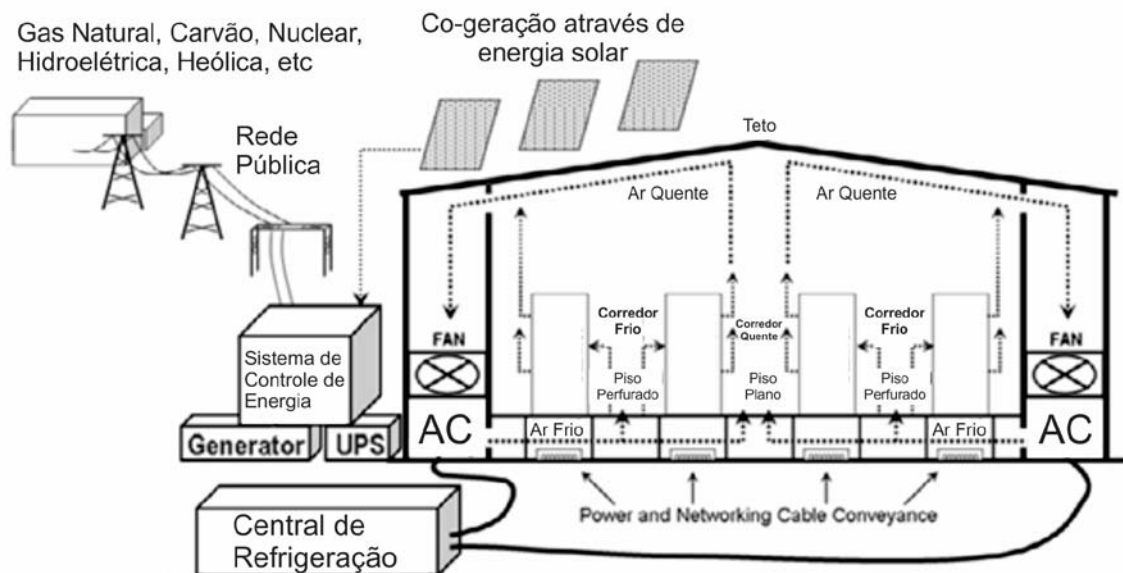


Figura 16 Solução híbrida com teto inclinado e energia limpa suplementar

Fonte: Schulz (2009)

Segundo Schulz (2009), uma nova técnica que vem ganhando popularidade é o resfriamento de precisão. A idéia é refrigerar o mais próximo possível da fonte de calor para maximizar a eficiência. O grande problema é que esta técnica ainda é extremamente cara e sua instalação e suporte são presos a um vendedor específico.

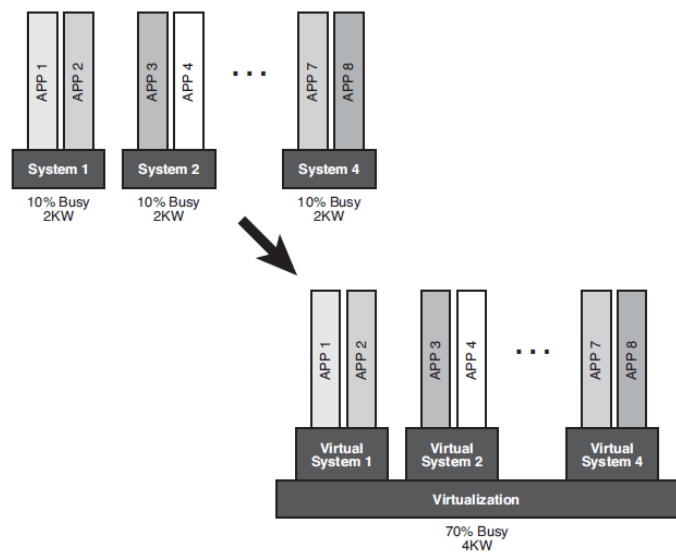
#### 4.2.2 VIRTUALIZAÇÃO

Segundo Lamb (2009), a virtualização é o passo mais importante que uma empresa pode dar na busca pela TI Verde. A razão principal de sua utilização é a flexibilidade. Entretanto, a economia com custos e eletricidade devido a consolidação de hardware também são grandes benefícios complementares.

Nos últimos trinta anos, os *Data Centers* deixaram de hospedar exclusivamente grandes *mainframes* para hospedar centenas de pequenos servidores rodando diferentes sistemas operacionais. Frequentemente esses pequenos servidores eram originalmente distribuídos por toda organização, com cada departamento possuindo seu próprio servidor. Nos últimos anos, devido a motivos de suporte, segurança e eficiência de operação, a maioria desses servidores distribuídos voltaram ao *Data Center*, simplificando sua operação e manutenção. O *Data Center* centralizado oferece grandes vantagens como suporte especializado, conexões de rede de alta velocidade e ambiente propício para o bom funcionamento do equipamento. Entretanto, com o rápido crescimento da utilização de servidores em negócios, entretenimento e comunicação, o *Data Center* típico cresceu de dezenas de servidores físicos separados para centenas e, em alguns casos, milhares. A aquisição, operação e manutenção de centenas de servidores físicos separados se tornam cara. A solução inovadora era consolidar talvez dezenas desses servidores separados em um grande servidor físico mas fazê-lo parecer como dez servidores separados. Cada servidor virtual continuaria com seu próprio nome e endereço de rede. Os custos diminuem, pois um servidor de grande porte é muito mais barato do que dez servidores de pequeno porte. Além disso, é significativamente mais barato operar e manter um servidor grande do que dez pequenos (Schulz, 2009).

A virtualização permite a consolidação de servidores físicos sem a necessidade da consolidação de aplicações, que na maioria das vezes é inviável. É possível consolidar servidores rodando os mais variados tipos de aplicações e sistemas operacionais em um mesmo *hardware*. Os servidores virtuais parecem como servidores físicos para seus usuários, mas, através da virtualização, é possível reduzir dramaticamente a quantidade de equipamentos necessários em um *Data Center* e conseqüentemente sua demanda por refrigeração e energia elétrica. A virtualização

remove a ligação física entre as aplicações e os servidores, *storages* e equipamentos de rede.



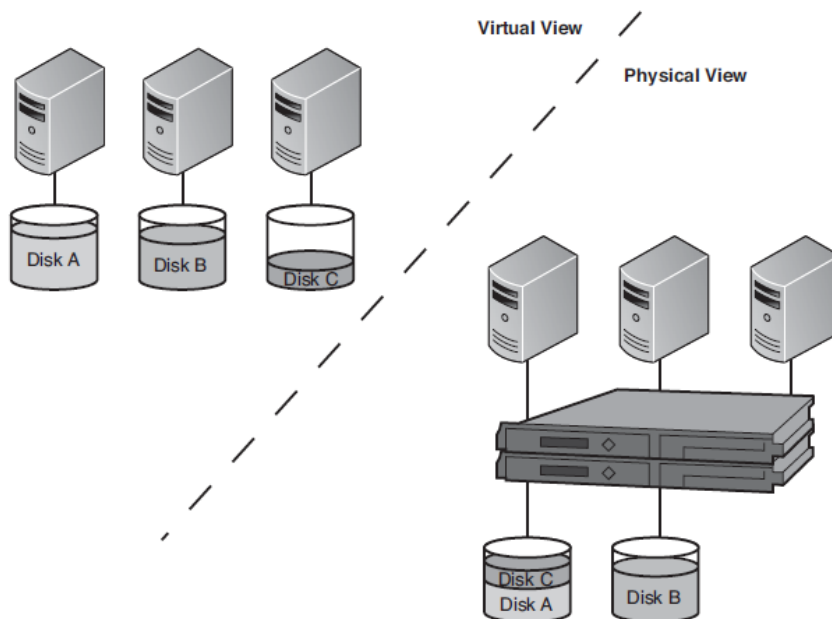
**Figura 17 Eficiência energética através de servidores consolidados**

**Fonte: Lamb (2009)**

Na figura 17 os sistemas existentes de 1 a 4 são virtualizados no alvo de consolidação. O efeito final foi a diminuição do consumo de energia elétrica e a utilização mais eficiente dos recursos computacionais.

Mas não só os servidores podem ser virtualizados. Através de subsistemas de *storage* centralizado, os dispositivos de armazenamento de cada servidor também podem ser virtuais, como mostra a figura 18. Em Lamb (2009) essas vantagens são descritas:

- Os *storages* virtuais permitem a utilização da mídia física de forma mais eficiente, reduzindo o consumo de energia enquanto o desempenho é melhorado;
- A consolidação dos sistemas de armazenamento de cada servidor em um grande subsistema de armazenamento tem o mesmo efeito da migração de servidores físicos para virtuais, aumentando a eficiência de utilização dos recursos físicos.



**Figura 18 Storage centralizado - visão virtual e física**

Fonte: Lamb (2009)

Também segundo Lamb (2009), a virtualização de dispositivos de armazenamento requer mais esforço do que a virtualização de servidores, sendo frequentemente necessário repensar a arquitetura de armazenamento existente. Durante o processo de consolidação, grande quantidade de dados será movida dos antigos sistemas para o novo. Isto pode ser uma longa tarefa que requer um planejamento detalhado. Entretanto, após executada, o efeito será extremamente positivo. Os espaços em disco podem ser atribuídos a cada sistema da forma mais flexível possível.

#### 4.3 CONCLUSÃO

Em uma sociedade cada vez mais preocupada com o impacto ambiental, não cabe mais o crescimento a qualquer custo. Os *Data Centers* não produzem gases do efeito estufa diretamente, entretanto por serem grandes consumidores de energia, se tornaram conseqüentemente vilões de uma sociedade sustentável.

Este capítulo abordou diversas práticas para utilizar de forma inteligente e eficiente os recursos de um *Data Center*. Novas estruturas devem ser projetadas com essas práticas em mente e estruturas legadas precisam ser revistas para sanar seus principais problemas envolvendo consumo de energia, aproveitamento de recursos computacionais e necessidade de refrigeração.

Adotando de forma coesa as práticas de TI Verde é possível aliar economia, crescimento e sustentabilidade.

## 5 ESTUDO DE CASO

O Centro de Gestão do Conhecimento Organizacional (CGCO) é a unidade responsável pela gestão dos recursos de tecnologia da informação da Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF). Criado há mais de quarenta anos, o centro vem ganhando cada vez mais importância dentro da Universidade.

Com o aumento da utilização de sistemas computacionais e dos meios de comunicação eletrônicos dentro da Universidade, o bom funcionamento de toda infraestrutura de TI é vital para a continuidade dos serviços prestados pela UFJF. Para tal, o Centro conta com a maior concentração de mão de obra especializada em TI da Universidade.

Dentre as responsabilidades do CGCO pode-se destacar:

- Aquisição e operação dos equipamentos que compõem a infra-estrutura da rede do Campus;
- Aquisição, operação e manutenção do *Data Center* institucional e todos seus serviços;
- Desenvolvimento dos principais sistemas utilizados pela gestão acadêmica, administrativa e de recursos humanos da Universidade;
- Desenvolvimento e manutenção do portal institucional;
- Hospedagem da plataforma de ensino a distância institucional;
- Hospedagem, operação e manutenção do serviço de webmail institucional;
- Hospedagem de diversos sistemas institucionais secundários.

### 5.1 DESCRIÇÃO DA ESTRUTURA

Desde 2005, o CGCO conta com um ambiente especializado para hospedar seus servidores e equipamentos de núcleo da rede. A construção deste novo espaço veio para substituir o ambiente legado que era utilizado desde os primeiros *mainframes* da universidade na década de setenta. O novo *Data Center* veio suprir as crescentes demandas por conexões de rede e energia elétrica das novas arquiteturas de servidores, permitindo uma maior densidade de equipamentos. Este *Data Center* é o objeto alvo deste estudo de caso.

Em seu projeto foi adotada uma concepção híbrida, possuindo um piso elevado de cerca de vinte centímetros para abrigar toda a infra-estrutura de cabeamento elétrico e interconexões de rede enquanto a refrigeração é feita de cima para baixo. A circulação do ar é garantida pelo espaçamento entre os *racks*.

A necessidade de refrigeração da sala quando entrou em operação era estimada entre 45 e 55 mil BTUs, dependendo da temperatura externa e do nível de utilização dos serviços hospedados no *Data Center*. Essa refrigeração era realizada por três aparelhos de ar condicionado convencionais de vinte mil BTUs cada.

Localizado dentro do Campus Universitário, em uma área densamente arborizada e de altitude superior ao centro da cidade de Juiz de Fora, o *Data Center* é frequentemente sujeito a interrupção da energia elétrica primária fornecida pela rede pública devido a intempéries e outros problemas técnicos. Vários *no-breaks* de pequeno porte eram utilizados em cada um dos *racks* para garantir o fornecimento ininterrupto de energia.

Quando o *Data Center* entrou em operação, a arquitetura de servidor utilizado em sua estrutura era a de *Desktop*, ilustrado na figura 19. Essa arquitetura possibilitava uma fácil instalação e possuía um excelente custo benefício. O consumo elétrico da sala era de cerca de 14 KVA.

## 5.2 ATUALIZAÇÕES DO DATA CENTER

### 5.2.1 SISTEMA DE AVAC

O sistema de refrigeração a partir de aparelhos convencionais era extremamente ineficiente. Esses aparelhos, já antigos, não possuíam força suficiente para garantir a boa circulação do ar dentro do *Data Center*, mesmo com os *racks* espaçados. Como a capacidade total do sistema era de sessenta mil BTUs, os equipamentos trabalhavam na capacidade máxima a todo o tempo para garantir a refrigeração necessária, aumentando o consumo de energia e reduzindo ainda mais sua já desgastada vida útil.

O TMEF desses equipamentos era extremamente curto e para agravar possuíam um alto TMDR. Com a ausência de um subsistema de *backup*, era necessário desligar os servidores de serviços menos críticos enquanto o reparo era executado, para não prejudicar os sistemas críticos da Universidade. Este fato reduzia de forma brutal a confiabilidade do ambiente, onde alguns serviços poderiam ficar indisponíveis por dias.

Esta situação levou a primeira grande atualização do *Data Center*, onde um novo sistema de AVAC era necessário. Foi então elaborado um novo projeto utilizando dois grandes aparelhos de ar condicionado do tipo *Split* presos ao teto. Cada aparelho com capacidade de sessenta mil BTUs. Pensando nos conceitos de TI Verde, para favorecer a circulação de ar esses aparelhos foram fixados a uma altura acima dos *racks*. Essa medida ajudou a diminuir o desperdício de energia elétrica utilizada pelo sistema de AVAC, reduzindo a necessidade estimada de refrigeração da sala para cerca de 40 mil

BTUs. Como os dois aparelhos trabalham ligados ao mesmo tempo, há também o balanceamento de carga entre eles, reduzindo ainda mais o consumo de energia total e aumentando sua vida útil. Além do balanceamento de carga, tem-se também a alta disponibilidade. Cada aparelho funciona como *backup* do outro, sendo capaz de satisfazer sozinho as necessidades do *Data Center* trabalhando em capacidade máxima.

A estrutura legada também foi mantida, podendo ser acionada manualmente em caso de emergência para suprir eventuais necessidades da sala.

Com a implantação do novo sistema de AVAC não houve mais interrupções provocadas por falha nos equipamentos de refrigeração, possibilitando um grande aumento na confiabilidade do *Data Center*.

### 5.2.2 INFRA-ESTRUTURA ELÉTRICA

A antiga estrutura de *no-breaks* possuía apenas alguns minutos de autonomia, suportando apenas pequenas interrupções no fornecimento de energia elétrica.

Para aumentar a autonomia do *Data Center*, foram implantados dois subsistemas auxiliares de fornecimento ininterrupto de energia. Toda a rede elétrica do ambiente passa desde então primeiramente por uma fonte de alimentação ininterrupta que substituiu o antigo sistema de *no-breaks*. Esta fonte consiste de um grande *no-break* de 20KVA e é responsável por estabilizar a energia da rede pública. Além de estabilizar e proteger a rede elétrica interna contra surtos, o *no-break* consegue manter o fornecimento contínuo de energia através de baterias em caso de falha da rede primária. Sua autonomia para o atual consumo da sala, que oscila entre 9 e 10 KVAs, é de aproximadamente uma hora.

Como essa autonomia pode não ser suficiente em casos de interrupções mais graves, o *Data Center* conta com um segundo subsistema de abastecimento de energia. Para tal é utilizado um gerador com capacidade de 50 KVAs. Além de ser a fonte secundária de fornecimento de energia do *no-break* e conseqüentemente do *Data Center*, o gerador também é responsável por alimentar as áreas mais críticas do prédio do CGCO, garantindo o fornecimento para a sala de controle do *Data Center*. Isso permite que seus administradores continuem trabalhando independente das condições de fornecimento da rede pública e contribui para a continuidade do Serviço.

Em conjunto, os subsistemas de fornecimento de energia auxiliar possuem uma autonomia de mais de vinte e quatro horas ininterruptas sem reabastecimento do gerador. O gerador pode ser reabastecido a qualquer momento permitindo estender ainda mais esse tempo.



O novo sistema de AVAC e os subsistemas de energia secundários garantem a profundidade dos serviços básicos da sala. O fornecimento de energia elétrica e o controle da temperatura ambiente permanecem ininterruptos independente das condições externas, garantindo um *Data Center* extremamente estável e apto a receber mesmo os equipamentos mais sensíveis.

### 5.2.3 SERVIDORES

Apesar da facilidade de instalação e a economia no custo de aquisição, os servidores do tipo *Desktop* rapidamente consumiram todos os espaços disponíveis nos *racks*.

Com os sistemas da Universidade absorvendo cada vez mais novas funcionalidades em conjunto com um aumento do número de usuários provocados pelo plano de expansão da UFJF, a demanda por recursos computacionais chegou ao limite que o *Data Center* poderia oferecer. Uma nova abordagem se fazia necessária.

Foi então elaborado um plano de modernização do parque de servidores para fazer uso das novas vantagens introduzidas pelo aumento da densidade de equipamentos.

Com servidores *Desktops*, a capacidade de cada rack era limitada ao máximo seis equipamentos. Enquanto um plano mais abrangente era elaborado, a arquitetura de servidores de *rack* foi adotada para a fase intermediária da renovação. Este tipo de servidor é ilustrado na figura 20.

Esta arquitetura permitia dobrar o número de equipamentos por *rack* sem nenhuma alteração na estrutura elétrica e lógica.



Figura 19 Servidor *Desktop* (Dimensões: 20 x 42,70 x 61,30 cm)

Fonte: <http://www.hp.com>



Figura 20 Servidor de *Rack* (Dimensões: 8,76 x 44,80 x 71,71 cm)

Fonte: <http://www.hp.com>

Enquanto os servidores de *rack* supriam as necessidades correntes da universidade, um plano mais abrangente foi elaborado. Com os vários conceitos de TI Verde em mente, este plano alterou profundamente o paradigma do *Data Center*, trazendo a Universidade novamente para a vanguarda da tecnologia.

Para garantir o crescimento sustentável do *Data Center* e comportar as futuras expansões da UFJF foi adotada a arquitetura de servidores *Blade*. Considerada uma das tecnologias emergentes mais promissoras para *Data Centers*, o servidores *Blades* ilustrado na figura 21, consistem de finas lâminas que hospedam os componentes básicos de um servidor, como placa mãe, memória RAM, processadores, subsistemas primários de armazenamento e dispositivos de interconexão de dados. Essas lâminas são instaladas em grandes caixas conhecidas como *enclosure*, ilustrado na figura 22, que consolida os equipamentos de refrigeração e alimentação elétrica.



Figura 21 Servidor *Blade*

Fonte: <http://www.hp.com>



Figura 22 *Blade Enclosure* - Suporta até 16 servidores

Fonte: <http://www.hp.com>

Dessa forma o consumo de energia elétrica é otimizado para o consumo total da caixa e é distribuída internamente de acordo com o consumo exato que cada servidor demanda naquele momento. Este tipo de servidor leva em conta o conceito de consolidação de *hardware* da TI Verde. Deixa-se de ter sistemas de fonte de alimentação e ventilação separados para cada servidor. Esses sistemas são consolidados em uma caixa e podem ser compartilhado por seus diversos servidores. Segundo o fabricante, esse tipo de arquitetura pode atingir uma economia de até 30% no consumo de energia elétrica em comparação com sistemas equivalentes.

As turbinas de ventilação também são acionadas de acordo com as necessidades pontuais do chassi como um todo. Favorecendo uma refrigeração muito mais eficiente dos componentes internos de cada servidor e diminuindo a necessidade total de refrigeração do *Data Center*.

Com este novo paradigma tornou-se possível aumentar a capacidade de cada *rack* para suportar até trinta e dois servidores, sendo necessária apenas a substituição do cabo de alimentação geral de cada *rack*. Isto permitiu triplicar o número total de servidores no *Data Center* em relação à arquitetura de *rack* e aumentar em seis vezes a capacidade total do ambiente em relação ao início de sua operação.

Os novos sistemas *Blades* vêm ganhando cada vez mais força no mercado, principalmente entre as organizações que buscam aplicar as práticas de TI Verde. Estes sistemas são capazes de aumentar profundamente a densidade de equipamentos dentro dos *Data Centers* com um consumo mais eficiente de energia elétrica e uma menor demanda de refrigeração por servidor. Atualmente não possui arquitetura concorrente, sendo adotada pela maioria dos grandes fabricantes.

Ainda pensando no conceito de consolidação de hardware da TI Verde, o plano de modernização do parque de servidores também incluiu uma nova abordagem na

forma de se armazenar os dados. Apesar de cada servidor contar com seu sistema de armazenamento primário para instalação do sistema operacional, os dados das aplicações ficam armazenados em um *Storage* centralizado, ilustrado na figura 23. Dessa forma espaços de discos virtuais são criados e apresentados a cada servidor de forma flexível e de acordo com sua necessidade específica, aumentando o desempenho, facilitando o gerenciamento e utilizando de forma mais eficiente as unidades de disco rígido.



**Figura 23 Controladora do *Storage* e uma de suas gavetas de disco**

**Fonte: <http://www.hp.com>**

O *Storage* adquirido pela Universidade suporta até oito gavetas de discos e cada gaveta suporta até doze discos. Assim, a capacidade de armazenamento em disco do *Data Center* pode chegar até cerca de 60 TB com os discos disponíveis atualmente no mercado, contribuindo para a alta escalabilidade do ambiente.

A nova estrutura entrou em operação em meados de 2008 e até o final do mesmo ano os principais serviços foram migrados da estrutura legada.

### 5.3 VIRTUALIZAÇÃO

Como dito anteriormente, a abordagem do *Data Center* da UFJF sempre foi a utilização de vários servidores físicos de pequeno porte para hospedar cada serviço. Através dessa abordagem, a simples modernização dos equipamentos não resolveria o problema por inteiro.

Com essa idéia em mente, um outro aspecto inovador foi projetado para a nova infra-estrutura. Quatro dos novos servidores de grande porte adquiridos passaram a integrar uma nova estrutura de virtualização. Para tal foi adquirida a solução proprietária líder de mercado *VMWare Infrastructure®*.

Através dessa solução, o poder computacional dessas quatro máquinas somadas é transformado em um *pool* de recursos, podendo ser utilizado para hospedar

dezenas de servidores virtuais compatível com os principais sistemas operacionais do mercado.

Em adição, a estrutura virtual é capaz de introduzir alta disponibilidade e balanceamento de carga. Os servidores virtuais são migrados automaticamente de acordo com sua utilização entre as máquinas físicas hospedeiras evitando sobrecarga e utilizando de forma eficiente os recursos disponíveis. Além dessa capacidade, caso um dos servidores físicos falhe ou necessite entrar em manutenção, seus servidores virtuais são rapidamente migrados para os outros servidores em funcionamento. Isso é possível pois os dados de cada servidor virtual são armazenados em discos virtuais do *Storage* centralizado.

Essa nova abordagem possibilitou a migração de todos os serviços de pequeno porte do *Data Center* para ambientes virtuais, aplicando mais uma vez a técnica de consolidação de *hardware* da TI Verde, reduzindo drasticamente a quantidade de equipamentos dentro do ambiente e conseqüentemente sua demanda por energia elétrica e refrigeração.

#### 5.4 TABELA DE COMPARAÇÃO

Uma comparação entre o ambiente legado e o ambiente atual é realizada na tabela 1.

**Tabela 1 Comparação entre infra-estrutura legada e atual**

<b>INFRA-ESTRUTURA LEGADA</b>	<b>INFRA-ESTRUTURA ATUAL</b>
Consumo Elétrico: 14 KVA	Consumo Elétrico: 10 KVA
Necessidade de Refrigeração: 45 - 55 mil BTUs	Necessidade de Refrigeração: 40 – 50 mil BTUs
Capacidade de Refrigeração: 60 mil BTUs	Capacidade de Refrigeração: 120 mil BTUs (180 mil BTUs através do acionamento manual da estrutura legada)
Autonomia Energética: 30 minutos	Autonomia Energética: 24 horas (ilimitada através de reabastecimento)
Sem espaço para ampliação	Disponibilidade de ampliação através de ajustes na rede elétrica
Baixa Confiabilidade	Alta Confiabilidade
Baixa Disponibilidade	Alta Disponibilidade

Através do levantamento de todos esses dados e do conhecimento teórico adquirido neste trabalho, é possível traçar uma lista de comparações entre a infra-estrutura atual e os desafios futuros que o CGCO enfrentará. Essas comparações podem ser vistas na tabela 2.

Tabela 2 Comparação da estrutura atual e seus futuros desafios

INFRA-ESTRUTURA ATUAL	DESAFIOS FUTUROS
Refrigeração a partir do teto através de condicionadores de ar tipo <i>split</i>	A TI Verde prega a refrigeração a partir do piso elevado, podendo direcionar de forma eficiente o ar frio para os locais necessários
Circulação de ar através da disposição espaçada dos equipamentos	A utilização de corredores quentes e corredores frios se tornou o consenso para uma refrigeração de alta eficiência, requerido uma grande alteração no <i>layout</i> do <i>Data Center</i>
Não há dutos de exaustão para extração de calor	A partir da utilização de corredores quentes e frios, a instalação de dutos de exaustão para captar o ar quente passa a ser viável
Apesar da migração dos servidores de pequeno porte ainda existem grandes servidores na estrutura legada	Os servidores <i>blade</i> demonstraram na prática sua eficiência e devem ser adotados como solução nas futuras atualizações
Pequena parte da infra-estrutura de rede possui topologia redundante	Os pontos únicos de falha da infra-estrutura de rede devem possuir redundância
O SIGA, principal sistema da UFJF possui balanceamento de carga através de DNS <i>round-robin</i>	Para garantir a continuidade um sistema de alta disponibilidade deve ser adotado impedindo que requisições cheguem a servidores falhos

## 5.5 CONCLUSÃO

Em apenas cinco anos o CGCO conseguiu reinventar a sua própria infra-estrutura resolvendo diversos problemas através da introdução das práticas de TI Verde.

Com as atualizações realizadas no *Data Center*, foi possível reduzir o tempo de parada dos serviços de cerca de 20 horas mensais para uma média de 6 horas, ou seja, a disponibilidade dos serviços aumentaram de 97,3% para 99,2%.

Além do aumento da disponibilidade, obteve-se também uma redução considerável no consumo de energia do *Data Center*, passando de 14KVA para 10KVA. Esta redução se torna ainda mais significativa ao se considerar o aumento dos recursos computacionais totais disponíveis. Mesmo com o desligamento dos equipamentos antigos, o *Data Center* dobrou sua capacidade de processamento e triplicou sua capacidade de armazenamento, mostrando na prática o resultado da boa aplicação das estratégias de TI Verde.

Entretanto não se pode acomodar. Novas tecnologias cada vez mais eficientes são lançadas a todo o momento no mercado e novas melhorias no ambiente podem ser pensadas nos futuros projetos de atualização.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A dependência cada vez maior por serviços *on-line* e aplicações em rede, seja na vida pessoal ou na administração de grandes organizações exige ambientes cada vez mais confiáveis. O acesso a informação deve estar disponível de forma ininterrupta.

Cabe aos administradores de rede e *Data Centers* projetar e gerenciar os ambientes que armazenam, organizam e distribuem essas informações. A alta disponibilidade bem como a alta escalabilidade passam a ser requisito básico de qualquer infra-estrutura.

Os *Data Centers* modernos enfrentam o desafio de absorver uma demanda cada vez maior, muitas vezes sem a possibilidade de expansão física. E com a crescente consciência ecológica esses ambientes precisam se reinventar.

É preciso utilizar os recursos energéticos e computacionais de forma consciente, organizada e cada vez mais eficiente. Adotando-se boas práticas é possível conciliar economia e respeito ao meio ambiente.

O CGCO vem cumprindo de forma vitoriosa os desafios impostos pela modernização, conseguindo aliar novas tecnologias em prol do desenvolvimento tecnológico e crescimento sustentável.

Entretanto ainda há muito a ser feito. Apenas uma pequena parte da infra-estrutura de rede da Universidade conta com topologias redundantes e os pontos únicos de falha críticos devem ser removidos.

Além disso, ainda existem vários serviços hospedados na estrutura legada. A ampliação da nova estrutura de servidores *blades* está prevista para 2011. O CGCO deve aproveitar essa oportunidade para migrar de vez todos os sistemas da estrutura legada para os novos servidores mais eficientes.

Outra oportunidade de melhorar a eficiência está no próprio *layout* da sala. A disposição dos equipamentos pode ser revista para otimizar ainda mais o fluxo de ar através da formação de corredores quentes e frios. Além disso, um sistema de refrigeração através do piso elevado deve ser levado em conta, o que possibilitaria o direcionamento ideal do ar frio.

As mudanças climáticas provocadas pelo aquecimento global já são uma realidade. É preciso rever conceitos e adotar práticas sustentáveis não só na tecnologia de informação, mas na sociedade como um todo.

Várias empresas já dão os primeiros passos mostrando seus casos de sucesso na implantação da TI Verde. A tendência é que cada vez mais organizações sigam este caminho rumo a uma sociedade ecologicamente sustentável.



## REFERÊNCIAS

ALGER, DOUGLAS: Build The Best Data Center Facility For Your Business. Indianapolis : Cisco Press. 2005

ARREGOCES, MAURICIO; PORTOLANI, MAURIZIO: Data Center Fundamentals. Indianapolis : Cisco Press. 2004

JAYASWAL, KAILASH: Administering Data Centers: Servers, Storage, and Voice over IP. Indianapolis : Wiley Publishing. 2006

KHANNA, AYESHA; KALJUVEE, JÜRGEN: Next Generation Datacenters in Financial Services. Burlington : Elsevier. 2009

LAMB, JOHN: The Greening of IT. Boston : IBM Press. 2009

OGGERINO, CHRIS: High Availability Network Fundamentals. Indianapolis : Cisco Press. 2001

SCHLOSSNAGLE, THEO: Scalable Internet Architectures. Indianapolis : Sams. 2007

SCHMIDT, KLAUS: High Availability and Disaster Recovery. Berlin : Springer. 2006

SCHULZ, GREG: The Green And Virtual Data Center. Boca Raton : CRC Press. 2009

TEARE, DIANE; PAQUET, CATHERINE: Campus Network Design Fundamentals. Indianapolis : Cisco Press. 2005