TI VERDE E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM *DATA CENTERS***Murilo Alexandre Schulz**

Graduação em Engenharia de Telecomunicações pela FURB

Mestre em Administração da Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS

maschulz@ea.ufrgs.br

Tania Nunes Silva

Doutora em Sociologia pela Universidade de São Paulo – USP

Professora da Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS

tnsilva@ea.ufrgs.br

RESUMO

Os benefícios trazidos por estas Tecnologias da Informação são enormes, porém não é possível ignorar seus impactos durante seu ciclo de vida. O objetivo deste trabalho é discutir o impacto gerado pelo uso dos *Data Centers* no consumo de energia elétrica, sua crescente representatividade e como novas tecnologias e as melhores práticas podem ajudar neste cenário, aliando a redução do impacto ambiental com a diminuição de custos. A questão dos impactos dos *Data Centers* tomou maiores dimensões quando a Agência de Proteção Ambiental Americana apresentou, em 2007, um relatório que mostrou que 1,5% de toda a energia gasta nos EUA é utilizada em *Data Centers* e a tendência, na época, era somente aumentar. Em empresas baseadas no uso extensivo da informação, os *Data Centers* representam a maior parte do consumo elétrico, sendo responsáveis pela maior parte emissão de gases de efeito estufa relacionados ao processo de geração de energia. Neste aspecto, o TI Verde surge como uma nova modalidade de conhecimentos que será discutida como uma aplicação prática que deve ser considerada na construção de novos empreendimentos, os *Data Centers* da próxima geração, e na evolução dos existentes. As práticas de TI Verde não pretendem pregar uma diminuição na intensidade do uso da informação, porém é mostrado como as novas tecnologias podem vir a ajudar a diminuir seu impacto ambiental, sem prejuízo a dois dos mais importantes indicadores de TIC: performance e disponibilidade.

Palavras-chave: *Data center*; Tecnologia da informação; TI verde.

GREEN INFORMATION TECHNOLOGIES AND ENERGY EFFICIENCY IN *DATA CENTERS***ABSTRACT**

The benefits brought by Information Technologies (IT) are enormous, however one cannot ignore the energy cost impact they have during their lifecycle. The objective of this paper is to discuss the impact generated by the use of *Data Centers* in electricity consumption as they increase their representation, and how new technologies and best practices can help in this scenario, combining reduced environmental impact with lower costs. The issue of the impact of data centers arose in 2007 when the U.S. Environmental Protection Agency presented a report showing that 1.5% of all energy used in the U.S. is used in *Data Centers* and that this trend is increasing. In companies based on the extensive use of information, data centers account for most of the electrical consumption, being responsible for most emissions of greenhouse gases related to energy generation processes. Green IT emerges as a new kind of knowledge that will be discussed as a practical application to be considered in the construction of new projects, the next-generation data centers, and the development of existing ones. Green IT practices are not intended to preach a decrease in the intensity of use of information, however they show how new technologies can reduce their environmental impact without damage to two of the most important Instrumental Transcommunication indicators: performance and availability.

Keywords: Information Technologies; Green IT; *Data Center*.

1 INTRODUÇÃO

Desde a sua concepção, a indústria de TI tem focado no desenvolvimento e na aplicação de equipamentos e serviços capazes de ir ao encontro das crescentes demandas de seus clientes. Desta forma, a ênfase no desenvolvimento de produtos tem priorizado o aumento do poder de processamento e custo. Apenas recentemente tópicos, tais como consumo de energia, produção de calor e espaço físico são considerados no desenvolvimento de novos produtos e como fatores de escolha nos processos de aquisição.

Para prover energia para os mais de um bilhão de computadores pessoais, os milhões de *Data Centers* e 4 bilhões de telefones fixos e móveis e redes de telecomunicação foi necessário o equivalente a 8% de toda a energia produzida no mundo em 2005. Considera-se ainda que, atualmente, 4 bilhões de pessoas nunca usaram um aparelho de celular ou um computador, o que possibilita prever a representatividade dessas tecnologias no consumo de energia em um futuro próximo.

Os custos de emissões de gases de efeito estufa e energia para *Data Center* causam grandes preocupações na análise de sustentabilidade corporativa, em razão de a metade de todos os custos relacionados à TI são efeitos de suas instalações. Nos EUA, em 2005, o consumo de energia pelos *Data Centers* chegou a um montante de 1,5% de toda a energia produzida, o equivalente a US\$4,5 bilhões (U.S. EPA, 2007)

As tecnologias da informação auxiliam a sociedade a se tornar mais eficiente em termos energéticos, impactando desde o comércio eletrônico, os sistemas de produção e gerência inteligente das matrizes energéticas até as mudanças nos paradigmas de comunicação e programas que auxiliam o projeto de produtos mais eficientes. Mas, também se observa que enquanto outras indústrias tendem a diminuir seu consumo em razão das inovações tecnológicas, a indústria de TI apresenta uma participação cada vez maior no consumo total de energia.

Isso não se deve a um menor grau de desenvolvimento da área, pelo contrário. Proporcionalmente a sua capacidade de processamento, um computador hoje consome muito menos do que a 10 anos. Porém, entre 1965 até hoje, a velocidade dos computadores dobrou a cada 18 meses, conforme se observa na Lei de Moore. O consumo de energia dos processadores acompanha a mesma tendência, mas em ritmo muito menor. O aumento da capacidade e das necessidades das empresas e dos usuários é que levaram, como veremos, a um aumento representativo de consumo.

Diante disso, o objetivo deste artigo é discutir a problemática do consumo de energia e o impacto gerado pelas tecnologias da informação com destaque ao papel desempenhado pelos *Data Centers*. Como objetivos específicos, destacam-se: analisar a tendência da taxa de aumento constante de recursos dos *Data Centers* e o impacto provocado pelas novas tecnologias (principalmente a virtualização). O TI Verde, conceito que agrega as melhores práticas de produção, gerência, descarte de equipamentos eletrônicos e a diminuição de consumo de energia, é uma forma de diminuir custos no consumo de energia, ao mesmo tempo ajuda a diminuir o impacto ambiental.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

No referencial teórico, será estudado brevemente os conceitos de sustentabilidade e as Tecnologias de Informação, a contribuição dos *Data Centers* no impacto ambiental e as práticas do TI Verde como forma de minimizar estes impactos.

2.1 Sustentabilidade e as tecnologias da informação

O forte crescimento econômico, dirigido por avanços tecnológicos e pela crescente integração entre os países, foi uma das características mais marcantes do século 20. O progresso tecnológico tem sido um dos principais fatores responsáveis pelo aumento do bem-estar humano. Estes avanços tecnológicos tendem a vir em ondas discretas e de longo prazo, passando por estágios

de introdução, difusão e saturação. Todas estas ondas tecnológicas trouxeram grandes ganhos econômicos, mas nem todas vieram sem custo ao ambiente (Berkhout & Hertin, 2001).

O crescimento econômico é uma peça fundamental do bem-estar humano e um componente chave do desenvolvimento sustentável. No entanto, este crescimento tradicionalmente faz uso de recursos ambientais e naturais. O aumento da escala das atividades econômicas globais chama a atenção para o crescimento da eficiência em que estes recursos são utilizados, de modo a desassociar o crescimento com a degradação ambiental. O caminho para a sustentabilidade ambiental está na dissociação entre o crescimento e a degradação ambiental (Berkhout & Hertin, 2001).

A urgência com que a comunidade internacional tem começado a tratar dos desafios ambientais é refletida nos diversos tratados e convenções internacionais. Metas internacionais para emissão de gases de efeito estufa, proteção de biodiversidade e prevenção de desertificação têm sido estabelecidas desde a Conferência do Meio Ambiente e Desenvolvimento no Rio, em 1992.

O sistema econômico está, atualmente, passando por uma alteração fundamental, visto que a difusão das informações e tecnologias de informação estão mudando as instituições socioeconômicas que foram construídas nos séculos anteriores. Esta mudança é análoga a criada pela energia a vapor, eletricidade e produção em massa, que determinaram a forma de nosso sistema tecnoeconômico desde a Revolução Industrial (OECD, 2004).

Porém, apenas recentemente, o impacto das Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) na sustentabilidade ambiental tem sido amplamente discutido. Os impactos foram divididos em três categorias (Berkhout e Hertin, 2001):

- Impactos de primeira ordem: impacto direto sobre o ambiente por meio da produção, logística, uso e descarte;
- Impactos de segunda ordem: impactos indiretos ao ambiente relacionados aos efeitos das TICs na estrutura econômica, sistemas de produção e distribuição;
- Impactos de terceira ordem: impactos indiretos ao ambiente por meio do estímulo do consumo e crescimento econômico pelas TICs, e pelo impacto no estilo de vida e sistema de valores.

Os impactos das TIC no ambiente têm aspectos positivos e negativos. Enquanto há grandes oportunidades de ganhos de recursos, por meio da difusão das TICs, muitas destas oportunidades irão provocar mudanças adicionais no longo prazo. Os impactos de primeira ordem podem ser mais facilmente mensurados do que os de segunda e terceira ordem. Os impactos de primeira ordem podem ser categorizados como segue:

- Manufatura: Os sistemas de TIC precisam de diferentes materiais com diferentes características para serem fabricados. Estes produtos consistem em uma série de componentes, tais como microchips, semicondutores, baterias, fios de cobre, etc. A produção destes componentes causa emissões de gases de efeito estufa, poluição da água e geração de resíduos, além do uso intensivo de energia;
- Logística: É o transporte para a manufatura e distribuição dos equipamentos. Um computador pessoal possui de 1.500 a 2.000 componentes eletrônicos que são fabricados em diferentes localidades e devem ser transportados para serem montados. Depois de montados, precisam ser distribuídos ao consumidor final;
- Utilização: A utilização dos equipamentos de TIC consome energia que precisa ser produzida por usinas que provocam diferentes impactos ambientais. Além do uso direto de energia, dissipam calor, e em ambientes fechados, como centros de dados, que precisam ser refrigerados;
- Descarte: De acordo com a Lei de Moore, a performance dos processadores e outros equipamentos de TIC dobra a cada 18 meses. Este ciclo de rápida inovação leva a um processo de substituição por equipamentos mais rápidos. O

resultado é o descarte de equipamentos eletrônicos que contém chumbo, cobre, mercúrio, plásticos e dezenas de outros elementos. Ao serem descartados, devem ser processados adequadamente para não oferecer risco ao ambiente.

2.2 A contribuição dos *Data Centers*

Com a mudança do papel para a informação digital, os centros de dados ou *Data Centers* tornaram-se onipresentes, pois são encontrados em quase todos os setores da economia, e tornaram-se essenciais ao funcionamento das comunicações, negócios, sistemas acadêmicos e governamentais. Todas, exceto talvez as menores empresas, têm algum tipo de *Data Center*, e as maiores empresas frequentemente têm dezenas e até centenas de *Data Centers*. Em empresas menores são comumente localizados em grandes prédios comerciais, enquanto os *Data Centers* maiores costumam ser localizados em prédios construídos para este propósito (U.S. EPA, 2007).

Os *Data Centers* contêm, primariamente, equipamentos eletrônicos usados para o processamento (servidores), armazenamento (*storage*) e comunicações de dados (equipamento de rede). Coletivamente, estes equipamentos são conhecidos por equipamentos de Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC). Os *Data Center* também contêm sistemas de suporte a energia elétrica e climatização para manter alta disponibilidade, garantindo o funcionamento ininterrupto e as condições ideais de temperatura e umidade para equipamentos de TIC.

As salas de *Data Centers* são ocupadas por fileiras de *racks* de equipamentos de TIC que são alimentados por circuitos elétricos. Antes de chegar aos *racks*, a eletricidade alimenta um sistema de energia ininterrupta (ou UPS de *Uninterruptible Power Supply*). O UPS age como uma bateria (e é normalmente associado a um banco de baterias para prover maior autonomia) prevenindo que os equipamentos não sofram interrupções no fornecimento de energia que poderia causar perda de dados e de negócios. No UPS, a energia é convertida de AC para DC (corrente alternada para corrente contínua) para carregar as baterias. A energia das baterias é, então, reconvertida de DC para AC, passando então a uma unidade de distribuição de energia (ou PDU de *Power Distribution Unit*), antes de chegar aos equipamentos de TIC, onde a fonte de energia (normalmente DC) alimenta os componentes internos como a CPU, memórias, discos rígidos e demais componentes. O próprio processo de alimentação de energia gera perdas que constituem um valor significativo (U.S. EPA, 2007).

A operação contínua de equipamentos de TIC e o transporte de energia gera quantidade significativa de calor que deve ser removida do *Data Center* para que os equipamentos funcionem apropriadamente. A refrigeração nestes ambientes é, frequentemente, gerada por unidades de condicionamento de ar (CRAC), onde o ar aquecido é condicionado a passar por serpentinas refrigeradas a água e retornando ao ambiente. A maioria dos *Data Centers* é desenhado de forma que haja pouca entrada de ar externo.

Em suma, os *Data Centers* usam um valor significativo de energia para suprir três principais componentes, equipamentos de TIC, refrigeração e alimentação de energia.

Figura 1: Participação no consumo de energia**Fonte:** Avelar (2010, p. 3)

Embora avanços nos processadores tenham, em muitos casos, permitido uma maior performance com menos consumo de energia por processador, o consumo de energia por servidor continua a crescer. Com a tendência de aumento na quantidade de servidores instalados, é necessário uma maior quantidade de espaço. Para a instalação de mais servidores em um mesmo espaço foram criados formatos mais compactos, até 70% menores. Este aumento de densidade foi igualado por um aumento na densidade de consumo energético de 300 watts por pé quadrado para mais de 4.000 watts em 2007. E a tendência esperada é continuar a crescer em espiral (Wang, 2007 e Stanford, 2008). Além do aumento de consumo, em razão da densidade física, ainda há um aumento de dissipação de calor que gera uma maior necessidade de gastos energéticos para refrigeração.

Figura 2: Consumo médio de um servidor x86, 1996 – 2010**Fonte:** Humphreys & Scaramella (2006)

Em 2007, o Departamento de Proteção Ambiental (EPA) americano desenvolveu um relatório para o congresso americano em que relatou as tendências no uso e custos de energia de *Data Centers* e servidores e potenciais oportunidades para melhoramento da eficiência energética. De acordo com o relatório, o custo do consumo energético de 2000 para 2006, dobrou para US\$ 4.5 bilhões, e espera-se que dobre novamente até 2011.

2.3 O TI Verde

As práticas ambientalmente sustentáveis de TIC começaram a se desenvolver em 1992 quando o Departamento de Proteção Ambiental dos Estados Unidos da América iniciou o Programa *Energy Star*, uma abordagem voluntária de classificação para reconhecer equipamentos eletrônicos com características de uso eficiente de energia. O *Energy Star* tornou-se uma importante certificação com reconhecimento mundial (Ruth, 2009). É uma ideia originada há quase duas

décadas, mas foi nos últimos anos que ganhou maior atração e publicidade. A ligação entre o uso de energia e a geração de carbono e o desejo de diminuir as emissões ganhou destaque entre os estudos de TI Verde.

Para Harmon e Auseklis (2009), TI Verde pode ser definida como a prática de maximizar o uso eficiente de recursos computacionais para minimizar os impactos ambientais. Isso inclui os objetivos de controlar e reduzir a pegada ambiental dos produtos, minimizando o uso de materiais perigosos, energia, água e outros materiais escassos, assim como pela minimização dos resíduos da manufatura e da cadeia de suprimento. Também estende-se o uso de produtos por meio da reciclagem, reuso e biodegradabilidade no final da vida útil.

O alto e crescente uso de eletricidade torna os *Data Centers* importantes fontes de gases de efeito estufa. Para organizações com uso intensivo de informação, os *Data Centers* podem ser responsáveis por 50% do total da geração de carbono. Os *Data Centers*, com seu alto custo no uso de energia e pelo seu crescente impacto negativo no ambiente, são forças motrizes no movimento do TI Verde (Harmon e Auseklis, 2009).

A adoção destas práticas tem se dado de forma gradual. Em parte, devido ao ciclo de vida dos produtos, que ao final de sua vida útil são substituídos por equipamentos mais eficientes. Além disso, há outras tendências importantes que impactam no desenvolvimento dos *Data Centers* impulsionando a adoção de práticas de TI Verde (Harmon e Auseklis, 2009):

- O crescente desenvolvimento da internet: o crescimento anual de 10% no uso representa uma demanda de 20% em infraestrutura de *Data Centers*. Estes novos centros de dados já tendem a utilizar as melhores práticas;
- Aumento na densidade do consumo energético: os servidores consomem mais energia em um menor espaço físico;
- Aumento nas demandas de climatização: devido ao aumento do consumo energético, há uma crescente demanda de climatização. Para cada Watt utilizado em um servidor podem ser necessários de 0,1 a 1,5 Watts para a climatização;
- Aumento no custo de energia elétrica: os custos com energia e climatização podem exceder o custo de aquisição de um equipamento durante sua vida útil. Os custos de energia de um *Data Center* podem, facilmente, representar 50% de toda a energia consumida por equipamentos de informática em uma empresa;
- Restrições no fornecimento de energia: a demanda energética de um *Data Center* pode não ser encontrada facilmente em muitas cidades. É comum que empresas que necessitam de grandes *Data Centers* tenham que fazê-los longe de centros urbanos ou próximos das usinas de geração de energia;
- Baixa utilização dos servidores: é comum que no paradigma tradicional de TIC um servidor fisicamente seja utilizado somente por um serviço que consome apenas parte do tempo seus recursos. Dessa forma, a utilização média costuma ser baixa, porém, os custos de energia e manutenção são fixos;
- A crescente consciência de seu impacto no meio ambiente: a geração de emissões de carbono dos servidores dos EUA é semelhante às emissões de toda a Argentina e Holanda. Há uma grande pressão, por parte dos consumidores e governos, para diminuição dos impactos ambientais das organizações.

Há um potencial significativo para melhorias no uso eficiente de energia nos *Data Centers*. Embora algumas melhorias em eficiência energética estejam previstas, se as tendências atuais persistirem, muitas tecnologias estão comercialmente disponíveis ou estarão em breve e poderão aumentar ainda mais a eficiência energética de microprocessadores, servidores, dispositivos de armazenamento, equipamentos de rede e sistemas de infraestrutura. Por exemplo, tecnologias

existentes e estratégias de *design* provaram reduzir o consumo de energia de servidores em 25% ou mais. Mesmo com os equipamentos atuais, aplicando-se as melhores práticas de gerência de energia em Data Centers existentes e consolidando aplicações de vários servidores em um único servidor físico seria possível reduzir o uso de energia em cerca de 20%. Estratégias de eficiência energética podem ser implementadas, de forma a não comprometer a disponibilidade, performance ou segurança, que são essenciais para que estas estratégias sejam aceitas pelo mercado. (U.S. EPA, 2007)

É evidente que não se espera que os *Data Centers* mudem suas infraestruturas e servidores rapidamente. A transição para um *Data Center Verde* envolve estratégias de integrar as novas abordagens para gerenciamento de energia e refrigeração com *hardware* energeticamente eficientes, virtualização e *softwares* de gerência de energia e trabalho.

Algumas das melhores práticas que podem ser adotadas nos *Data Centers*, podem ser sumarizadas (Rasmussen, 2006; HP, 2008; IBM, 2008), a seguir, e serão vistas com mais detalhes durante o desenvolvimento da análise. Esta revisão não visa esgotar o assunto, pois há uma série de outras alternativas que podem ser exploradas, porém serão restringidas a técnicas empregadas no desenvolvimento dessa pesquisa.

2.3.1 Infraestrutura

A infraestrutura de climatização e alimentação de energia são pontos críticos nos *Data Centers*, em razão de serem grandes consumidores de energia (cerca de 2/3 do total) e de apresentarem maiores perdas. Além disso, a vida útil destes equipamentos costuma ser muito superior a dos equipamentos de TIC tradicionais, podendo atingir 10 a 15 anos, enquanto servidores costumam ser trocados em menos de 5 anos. Devido ao desenvolvimento de novas tecnologias, equipamentos mais antigos tendem a ser menos eficientes do que os mais novos. Além disso, há um enorme espaço para práticas de gerência e planejamento do fluxo de ar quente/frio, que permitem uma utilização mais racional de energia, e sistemas de climatização mais econômicos.

As fontes de energia e conversores de corrente alternada/contínua (AC/DC) têm historicamente uma eficiência de 60 a 70%. Atualmente, com o uso de novos componentes, de sistemas eletrônicos e novas práticas chega-se a uma eficiência de 95%. A utilização de fontes de energia mais eficientes não somente diminuem as perdas de energia, mas também as necessidades de climatização, em razão da dissipação de calor (Rasmussen, 2006).

Para medir a eficiência no uso de energia nos *Data Centers* foram criadas métricas. A mais adotada pelo mercado é o *Power Usage Effectiveness (PUE)*, que é definida pela relação entre a energia total para manter o *Data Center* e a energia utilizada apenas pelos equipamentos de TIC (The Green Grid, 2009). O U.S. DOE (2010) classifica a eficiência baseado em PUE da seguinte forma: Padrão, 2,0; Bom, 1,4; e Melhorada: 1,1.

2.3.2 Virtualização e consolidação

A consolidação é uma forma de associar os processos em um menor número possível de máquinas para que funcionem em um nível máximo de eficiência, por exemplo, quatro sistemas, cada um rodando duas aplicações. Cada máquina consome 2kWh, no total 8 kWh. No entanto, como é comum em servidores x86, elas utilizam apenas 10% de sua capacidade. Se fosse possível consolidar estas oito aplicações em um único servidor de maior capacidade, que funcione com 50% de utilização e consuma 4kWh, há uma eficiência de 50% em relação a situação anterior. Uma poderosa ferramenta para permitir o aumento de eficiência associado à consolidação é a virtualização.

A virtualização tornou-se uma das estratégias primárias para suprir as necessidades de crescimento de processamento de dados. Este processo aumenta a utilização dos recursos existentes de TI reduzindo o uso de energia, capital e requisitos de manutenção. Por meio da virtualização, os

Data Centers podem suportar novas aplicações usando o mesmo espaço físico com menos energia e recursos humanos.

Esta tecnologia foi originalmente desenvolvida pela IBM na década de 1960 para aumentar a eficiência de utilização dos *mainframes*. Mais recentemente este conceito foi aplicado aos servidores x86 nos *Data Centers*. Com o uso de um *software* (ou plataforma) específico, chamado hypervisor, é possível em um único servidor rodar diferentes instâncias de sistemas operacionais simultaneamente. Cada uma destas instâncias é chamada de máquina virtual, que funciona virtualmente como um servidor físico para cada máquina virtual. O hypervisor é responsável por controlar o acesso aos recursos de *hardware* e por gerenciar cada máquina virtual. Em grandes *Data Centers*, a utilização individual média dos servidores oscila entre 5 a 10%. Com a virtualização, a carga pode oscilar entre 50 a 90%, operando, assim, de forma eficiente em termos de consumo de energia. Dessa forma, são necessários menos servidores, gerando menos calor e consumindo menos energia.

2.3.3 Novas plataformas e padronização

A migração para plataformas mais eficientes é uma outra forma de reduzir o consumo de energia. A maior parte dos *Data Centers* utiliza os chamados servidores de “baixa densidade” com idade entre 3 a 5 anos. Tipicamente estes servidores consomem tanto quanto servidores de “alta densidade”, como os conhecidos servidores *Blade*. Servidores *Blade* são soluções adotadas pelos maiores fabricantes de *hardware* que compartilham em um mesmo chassis vários servidores com fonte de energia comum. No mesmo espaço físico, é possível duplicar a densidade de servidores com a utilização de servidores *Blade*. A solução em si não gera grande economia de energia, considerando seu consumo. Porém, ela gera muito menos calor, e de forma concentrada. Combinando com um desenho inteligente nos sistemas de climatização e com as tecnologias de virtualização é que se verificam os ganhos significativos de redução no consumo.

Segundo Veras (2009), diversos estudos apontam que a simplificação da infraestrutura de TI, oriunda da adoção de tecnologias abertas e baseadas em padrão de indústria, permitem a redução do *Total Cost of Ownership* (TCO). A simplificação da infraestrutura de TI permite que boa parte dos recursos utilizados na operação e suporte possa ser utilizada como investimentos em novas aplicações e na melhoria da infraestrutura de TI.

2.3.4 Equipamentos mais eficientes

Ao planejar adquirir novos servidores, deve-se considerar o consumo de energia do equipamento na avaliação técnica. O programa do Departamento de Energia dos EUA, *Energy Star*, ajuda os consumidores a reconhecer equipamentos eletrônicos e elétricos que são mais eficientes. Este programa foi introduzido em 1992, e atesta produtos que atendam aos requisitos que comprovam sua eficiência. No caso dos computadores pessoais, o programa já está com os requisitos na versão 5.0. De acordo com a *Energy Star*, computadores que tenham o selo consomem de 30 a 60% menos energia.

O mesmo, porém, não aconteceu na mesma escala com servidores, dispositivos de armazenamento, UPS e equipamentos de rede. Embora o selo exista e seja aplicado, não surtiu os mesmos efeitos ocorridos em outros equipamentos. Os requisitos para servidores estão sendo revistos e devem ser relançados na versão 2.0 ainda em 2010. Espera-se que servidores com selo *Energy Star* consumam 30% menos energia do que os atuais (Energy Star, 2010).

3 METODOLOGIA

Para Gil (1999, p.42), a pesquisa tem um caráter pragmático, é um “[...]processo formal e sistemático de desenvolvimento do método científico. O objetivo fundamental da pesquisa é descobrir respostas para problemas mediante o emprego de procedimentos científicos”.

Esta pesquisa é de natureza qualitativa, baseada em pesquisa bibliográfica. A pesquisa bibliográfica tem por finalidade conhecer as diferentes formas de contribuição científica que se realizaram sobre determinado assunto ou fenômeno.

A pesquisa foi elaborada a partir de material já publicado, constituído, principalmente, de livros, artigos de periódicos, pesquisas governamentais, principalmente do Departamento de Proteção Ambiental Americano, Departamento de Energia Americano e Organização para Organização Econômica e Desenvolvimento de instituições privadas que desenvolvem pesquisas ou produtos relacionados ao tema como IBM, Hewlett-Packard, Intel, APC, assim como organizações não-governamentais como o *The Green Grid*(2008).

Para a investigação, foram escolhidas pesquisas relacionadas com os temas de eficiência energética, melhores práticas relacionadas com TI Verde e inovações em equipamentos, servidores e serviços com foco em *Data Centers*

A avaliação dos resultados será exposta, por meio da análise de pontos comuns entre as diversas pesquisas, com a projeção de consumo de energia em um *Data Center* tradicional de médio porte, projetado em 2005; e por um *Data Center* semelhante, mas que utilizará as melhores práticas e técnicas apresentadas com recursos e equipamentos atuais.

4 ANÁLISE DE DADOS

Investimentos em TI são uma necessidade competitiva, mas não uma fonte de diferenciação estratégica. Em uma economia baseada na informação, a necessidade de manter um parque computacional atualizado não torna uma empresa mais competitiva.

Esta sessão irá analisar o desempenho de um *Data Center* de médio porte típico que utiliza técnicas e equipamentos tradicionais; e, como ao atualizar este mesmo *Data Center*, utilizando tecnologias e equipamentos típicos em 2010, é possível uma diminuição significativa nos custos de operação. Ilustraremos como as práticas discutidas anteriormente podem ser aplicadas, de forma a diminuir o impacto ambiental, sem comprometer a disponibilidade, segurança e performance.

O cenário construído aqui é baseado em uma organização real, sendo seu *Data Center* construído em 1978 com diversas atualizações tecnológicas durante sua existência. Esta organização possui um único *Data Center* de médio porte em sua unidade central. Como na maior parte das organizações, o *Data Center* surgiu com a necessidade de abrigar equipamentos de TIC, e seu crescimento se deu com o desenvolvimento dos negócios e serviços, desta forma não foi necessariamente planejado desde o início de suas atividades. Durante o estágio de desenvolvimento dos negócios, a empresa passou por diversas fases de renovação e substituição de seus equipamentos e infraestrutura, mantendo-se relativamente atualizada em relação a seus concorrentes. Novos projetos e necessidades de aplicações de negócio trouxeram diferentes plataformas não obedecendo nenhum tipo de padronização, em razão de diretivas previamente existentes. A última grande atualização de seu *Data Center* ocorreu em 2006, atualizando servidores, equipamentos de rede, ampliando as capacidades de armazenamento, fornecimento de energia e climatização.

Difícilmente haverá um motivador único para uma completa reestruturação de um componente tão crítico para uma empresa como um *Data Center*. Alterações estruturais requerem alto grau de investimento financeiro e de tempo, além de um grau de risco para aplicações vitais para o negócio.

Alguns motivadores podem ser considerados fontes importantes que justificam tal investimento: a necessidade de novas aplicações e de mais recursos de armazenamento, velocidade de processamento e de transmissão de dados; a necessidade de novas versões de aplicação de negócios que demandam mais recursos computacionais e, muitas vezes, requerem plataformas mais atualizadas; a pressão por redução de custos que, por sua vez, gera uma necessidade de diminuir o TCO, por meio de estruturas de menor custo operacional, com a utilização de estruturas de governança e padronização; a pressão de fornecedores e clientes que buscam empresas com

consciência ambiental gera uma oportunidade de diminuir o impacto proveniente das estruturas de TI com a diminuição do TCO.

A soma destas necessidades conjuntas não pode ser atendida, simplesmente, com a atualização individual dos componentes do *Data Center*. De forma a atingir os objetivos propostos, seria necessária uma completa reestruturação.

Analisando-se a partir do *Data Center* existente, temos a seguinte configuração: 20 *racks* de 42 U para servidores; Média por *rack* de 16 servidores e *Storage* de 2 TB; Cerca de 320 servidores e 40 TB de *Storage* na organização.

Não será comparado o desempenho entre diferentes fabricantes, mas, para efeito desse estudo, a referência são os servidores com a configuração HP DL380 G3 com dois processadores Xeon 3.2 GHz que consomem cerca de 500 Watts e geram 1500 Btu/h de calor. Este é um servidor comum de média capacidade, em 2005, e utilizado como generalização neste exemplo. Os *storages* são do modelo MSA 1000, um equipamento bastante comum e que serve de referência para um modelo de armazenamento distribuído. O sistema consome o equivalente a, aproximadamente, 600 Watts e dissipa cerca de 1800 Btu/h de calor. Considerando-se ainda a existência de outros equipamentos para comunicação entre os servidores, tais como *switches* e roteadores e dispositivos para acesso como monitores, teclados e *mouse* (que para cálculo consideraremos 10% do total por *rack*). Além das perdas geradas pelo UPS há, aproximadamente, 10 kWh por *rack*, que, ao total, consumiria cerca de 200 kWh e 552.000 Btu/h de calor somente para os equipamentos de TIC.

Visto não ter havido maiores cuidados com o planejamento do *Data Center*, será considerado um PUE de 2,0, o que significa que para cada Watt gasto com equipamentos de TIC utiliza-se outro para refrigeração e perdas de conversão, chegando a um consumo de 400 kWh. Considerando-se o custo de energia somente para referência, uma vez que há diferenças nos valores por região e por tipo de aplicação, de R\$ 0,16 por kWh, durante um ano este *Data Center* irá gastar cerca de R\$ 560.640,00. Para a geração desta energia serão emitidos 363 toneladas de CO².

Uma solução para atingir os objetivos propostos é aplicar os conceitos descritos anteriormente em uma solução que substituirá os equipamentos existentes, consolidando servidores e *storage* em uma plataforma mais robusta e econômica. A virtualização diminuirá a necessidade de servidores físicos e, conseqüentemente, o consumo de energia e geração de calor. A melhoria da PUE, também, será aplicada como uma eficiente forma de auxiliar na diminuição do consumo.

Com a virtualização, é possível, com um menor número de servidores, ter os mesmos serviços. A questão da relação do número de máquinas virtuais em relação a servidores físicos é discutida e fornecedores de soluções de virtualização apresentam relações de até 12:1 (12 máquinas virtuais em 1 servidor físico). O limite é a capacidade de processamento e a quantidade de memória em cada servidor. Como forma de garantir uma qualidade excelente, sem riscos de diminuição de performance ou de aumento de tempo de indisponibilidade, trabalharemos com uma relação de 6:1. Desta forma, e considerando que 100% das máquinas poderão ser virtualizadas (o que nem sempre é factível na prática por limitações técnicas), precisaríamos de 54 servidores.

A plataforma utilizada é a HP *BladeSystem*, embora soluções de outros fabricantes como IBM *BladeCenter* ou Dell *PowerEdge* tenham características semelhantes. Esta solução permite que em um *chassis* (c7000) sejam instaladas 16 lâminas ou *blades*. Cada *blade* é um servidor, neste caso um BL460cG6 com dois processadores Intel X5550, um processador oito vezes mais rápido que o anterior, com 32 GB RAM e dois discos rígidos de baixa capacidade. Para atingir a necessidade e permitir margem para futura expansão, serão utilizados quatro *chassis* que permitirão a instalação de 64 servidores. Estes podem ser instalados com folga em apenas dois *racks*, ainda sobrando espaço para futura expansão e equipamentos de comunicação. A solução completa consumiria cerca de 18 kWh e geraria 60.000 Btu/h de calor.

O *storage* que, neste cenário, é distribuído com diversos equipamentos de menor porte instalados nos *racks* dos servidores, seria consolidado em uma solução de maior porte compartilhada por todos os servidores. A solução adotada é a HP *Enterprise Virtual Array* (EVA)

6400, embora soluções de outros fabricantes como o IBM XIV *Storage System* ou Dell *PowerVault* ou EMC tenham semelhantes características. Nesta solução, uma configuração de 216 TB poderia ser conectada aos servidores *Blade*, via rede ou por fibra ótica, atendendo a demanda existente e futura. Ela utilizaria apenas um *rack* e consumiria o equivalente a 7 kWh e geraria 25.000 Btu/h de calor.

Ao total, considerando ainda equipamentos de comunicação e acesso (10% por rack), haveria um consumo total de 27,5 kWh e geração de 93.500 Btu/h de calor.

Há uma grande vantagem em adotar as plataformas *Blade* e a virtualização, mas ainda pode ser feito melhorando o PUE. A primeira vista, um dos efeitos mais visíveis é a economia de espaço. Para 20 racks seriam necessários uma área de cerca de 70m², no entanto, para 3 racks não são necessários mais do que 20m². É evidente que o cálculo deve levar em consideração espaço para racks de cablagem, comunicação, além da necessidade de espaço para expansão futura, porém de forma a aumentar os ganhos. É interessante restringir o espaço, de forma a direcionar a refrigeração para onde ela é realmente necessária.

O conceito básico de uma melhor gerência do fluxo de ar é que o ar quente, que sai dos equipamentos normalmente é direcionado para a parte de trás do rack, e o ar frio que é captado na parte da frente. Uma vez que este ar passa pelos componentes do computador, é aquecido e expelido por ventiladores dentro do equipamento. Dessa forma, a primeira medida é isolar o espaço em que é necessário menor temperatura, na parte frontal do rack, criando corredores de ar quente e frio. O ar quente, naturalmente, tende a subir sendo captado e expelido ou tratado, enquanto o ar frio é injetado pelo piso elevado. A completa separação de corredores quentes e frios gera uma grande eficiência em termos da diminuição da necessidade de refrigeração (US. DOE, 2010).

Além disso, deve se considerar que há muitas opções de equipamentos para refrigeração mais eficientes desenvolvidos nos últimos anos, sendo os mais eficientes, os equipamentos centrais refrigerados a água (US. DOE, 2010). Também é importante que a temperatura de refrigeração a partir de uma adoção de corredores quentes/frios pode ser, na média, aumentada. Isso ocorre quando se mistura o ar quente e frio, é comum que determinadas áreas sejam mais quentes que outras, e, quando isso acontece, é necessário diminuir a média da temperatura para que a temperatura máxima seja a desejada. Implementando corredores quente/frio, é possível aumentar a temperatura de 20°C para 22°C sem nenhum risco.

Esta combinação de melhor planejamento e equipamentos mais eficientes pode gerar uma economia de até 50% no consumo relativo de energia, obtendo assim um PUE de 1,5. O Google (2010) com uma enorme quantidade de Data Centers espalhados pelo mundo alega ter um PUE médio de 1,18, o que pode ser considerado estado da arte.

Com o consumo de 27,5 kWh em equipamentos de TIC e um PUE de 1,5 há um consumo de 41,25 kWh, o que acarretaria em um gasto anual com energia elétrica de R\$ 57.816,00 (diminuição de 90%) e emissão de 41t de CO₂ (diminuição de 88%). A seguir, são apresentadas as principais diferenças entre os dois cenários.

Tabela 1: Comparativo entre o Data Center de 2005 e o de 2010

	Data Center 2005	Data Center 2010	Diferença
Número de Racks	20	3	-85%
Servidores físicos	320	64	-80%
Storage (TB)	40	320	+700%
Capacidade de processamento ¹	427.200	688.320	+62%
Consumo energia (kWh)	200	27,5	-86,25%
Geração de calor (Btu/h)	552.00	93.500	-69,38%
Emissão de CO ₂ (t) durante o uso	363	41	-88,7%

Nota: ¹ A capacidade de processamento é calculada, relativamente, pelo *benchmark* do processador utilizando o *software* PassMark em www.cpubenchmark.net

Embora substituir equipamentos antes que estejam completamente depreciados possa ser desvantajoso, as vantagens que as novas tecnologias oferecem, podem ser suficientes para compensar quaisquer prejuízos com a perda dos ativos.

O projeto descrito teria um custo, grosseiramente aproximado de R\$ 2,5 milhões, o que exigiria um tempo de retorno do investimento de praticamente cinco anos, visto a economia anual ser de cerca de R\$ 500.000,00.

Ainda devem ser considerados outros fatores, como o custo de operação em termos de recursos humanos, contratos de manutenção e suporte, a economia de espaço físico e uma menor necessidade de recursos como gerador (*standby*) e instalações elétricas mais baratas. Um menor número de equipamentos padronizados gera uma menor necessidade de manutenção e operação, eliminando a necessidade de profissionais com conhecimentos em plataformas distintas, minimizando a necessidade de treinamentos. Além disso, esses equipamentos requerem uma menor quantidade de peças sobressalentes para reposição imediata, em caso de falha. Do ponto de vista ambiental, diminui as emissões de gases de efeito estufa, assim como há uma significativa economia de energia.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo desta pesquisa foi discutir a problemática do consumo de energia e o impacto gerado pelas tecnologias da informação, com destaque para o papel desempenhado pelos *Data Centers*.

Um *Data Center* de alta performance e que atenda as necessidades do negócio com eficiência energética, espaço e orçamento, necessitam, em alguns casos, também da virtualização para se tornarem verdes e agregarem valor à organização. As pressões para diminuição dos impactos ambientais do setor irão aumentar nas próximas décadas, em razão de legislação ambiental cada vez mais rigorosa e do alto custo da energia.

A análise das práticas de TI Verde leva a dois objetivos organizacionais que podem ser atingidos conjuntamente: redução dos custos e diminuição dos impactos ambientais. Como mostram os resultados, o motivador para diminuir o TCO, por meio da adoção de práticas verdes, pode dar uma nova aparência à diminuição de custos.

REFERÊNCIAS

Avelar, V. (2010). *Calculating total power requirements for data centers*. Recuperado em 7 de junho de 2010, de: http://www.apcmedia.com/salestools/VAVR-5TDTEF_R1_EN.pdf.

Berkhout, F.; Hertin, J. (2001). *Impacts of information and communication technologies on environmental sustainability: speculations and evidence*. Recuperado em 6 de junho de 2010, de <http://www.oecd.org/dataoecd/4/6/1897156.pdf>.

Energy Star. (2010). *Data center energy efficiency initiatives*. Recuperado em 8 de junho de 2010, de: http://www.energystar.gov/index.cfm?c=prod_development.server_efficiency.

Gil, A.C. (1999) *Métodos e técnicas de pesquisa social*. São Paulo: Atlas.

Google (2010). *Data center efficient measurements*. Recuperado em 30 de junho de 2010, de <http://www.google.com/corporate/green/datacenters/measuring.html>.

Harmon, R.R; Auseklis, N. Sustainable IT services: assessing the impact of green computing practices. *PICMET*, 2 a 7 de Agosto 2009.

Hp(2008). *Energy efficiency in the data center*. Recuperado em 4 de junho de 2010, de: <http://www.ccbnonprofits.com/Docs/hpenergyefficiencyinthedatacenter.pdf>.

Humphreys, J.; Scaramella, Jed. (2006). *The impact of power and cooling on the datacenter infrastructure*. Recuperado em 20 de junho de 2010, de: http://www-03.ibm.com/systems/resources/systems_z_pdf_IDC_ImpactofPowerandCooling.pdf.

Ibm. (2008). *The green data center, IBM 2008*. Recuperado em 4 de junho de 2010, de: http://www-05.ibm.com/il/greenit/downloads/index001_guide.pdf.

OECD. (2004). *OECD Information Technology Outlook*. Recuperado em 5 de junho de 2010, de: <http://www.oecd.org/dataoecd/22/18/37620123.pdf>.

Rasmussen, N.(2006). *Implementing energy efficient data centers*. Recuperado em 7 de junho de 2010, de: http://www.apcmedia.com/salestools/NRAN-6LXSHX_R0_EN.pdf.

Ruth, S. (Julho/Agosto 2009). Green IT — More Than a Three Percent Solution? *IEEE Internet Computing*.

Stanford, E.(Maio 18-22, 2008) *Environmental trends and opportunities for computer system power delivery, proceedings of the 20th International Symposium on Power Semiconductor Devices & ICs*, pp. 1-3.

The Green Grid. (2008) *Green grid data center power efficiency metrics:PUE And DCiE*. Recuperado em 30 de julho de 2010, de: <http://www.thegreengrid.org/en/Global/Content/white-papers/The-Green-Grid-Data-Center-Power-Efficiency-Metrics-PUE-and-DCiE>.

U.S. EPA, Environmental Protection Agency. (2007). Report to Congress on Server and Data Center Energy Efficiency Public Law 109-431 *ENERGY STAR Program*. Recuperado em 6 de junho de 2010, de: http://www.energystar.gov/ia/partners/prod_development/downloads/EPA_Datacenter_Report_Congress_Final1.pdf.

U.S. DOE, Department of Energy. (2010). *Best practices guide for energy-efficient data center design*. Recuperado em 30 de junho de 2010, de: <http://www1.eere.energy.gov/femp/pdfs/eedatacenterbestpractices.pdf>.

Veras, M. (2009). *Datacenter – Componente Central da Infraestrutura de TI*. São Paulo: Brasport.

Wang, D. (2007). *Meeting green computing challenges, proceeding of the International Symposium on High Density Packaging and Microsystem Integration*, IEEE.

Data do recebimento do artigo: 18/04/2011

Data do aceite de publicação: 08/08/2012