

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA**

MANOEL RODRIGUES PORCINO DA SILVA

**PRINCÍPIOS E PRÁTICAS SUSTENTÁVEIS EM EFICIÊNCIA
ENERGÉTICA APLICADOS EM TI**

**BAURU - SP
2013**

MANOEL RODRIGUES PORCINO DA SILVA

**PRINCÍPIOS E PRÁTICAS SUSTENTÁVEIS EM EFICIÊNCIA
ENERGÉTICA APLICADOS EM TI**

Dissertação de mestrado apresentada a
banca de defesa do Programa de Mestrado
da Pós-Graduação em Engenharia Elétrica
da Universidade Estadual Paulista –
Bauru.

Prof.: Adj. André Nunes de Souza

**BAURU - SP
2013**

Silva, Manoel Rodrigues Porcino da.
Princípios e práticas sustentáveis em eficiência
energética aplicados em TI / Manoel Rodrigues Porcino
da Silva, 2013
85 f. : il.

Orientador: André Nunes de Souza

Dissertação (Mestrado)-Universidade Estadual
Paulista. Faculdade de Engenharia, Bauru, 2013

1. Eficiência Energética. 2. TI Verde. 3. Meio
Ambiente. I. Universidade Estadual Paulista. Faculdade
de Engenharia.

ATA DA DEFESA PÚBLICA DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO DE MANOEL RODRIGUES PORCINO DA SILVA, DISCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA, DO(A) FACULDADE DE ENGENHARIA DE BAURU.

Aos 19 dias do mês de junho do ano de 2013, às 10:00 horas, no(a) ANFITEATRO DA SEÇÃO TÉCNICA DE PÓS-GRADUAÇÃO DA FACULDADE DE ENGENHARIA DE BAURU, reuniu-se a Comissão Examinadora da Defesa Pública, composta pelos seguintes membros: Prof. Dr. ANDRE NUNES DE SOUZA do(a) Departamento de Engenharia Elétrica / Faculdade de Engenharia de Bauru - UNESP, Prof. Dr. KELTON AUGUSTO PONTARA DA COSTA do(a) Faculdade de Tecnologia de Bauru - FATEC, Prof. Dr. JOSE EDUARDO COGO CASTANHO do(a) Departamento de Engenharia Elétrica / Faculdade de Engenharia de Bauru - UNESP, sob a presidência do primeiro, a fim de proceder a arguição pública da DISSERTAÇÃO DE MESTRADO de MANOEL RODRIGUES PORCINO DA SILVA, intitulado "PRINCÍPIOS E PRÁTICAS SUSTENTÁVEIS EM EFICIÊNCIA ENERGÉTICA APLICADOS EM TI". Após a exposição, o discente foi arguido oralmente pelos membros da Comissão Examinadora, tendo recebido o conceito final: APROVADO. Nada mais havendo, foi lavrada a presente ata, que, após lida e aprovada, foi assinada pelos membros da Comissão Examinadora.

Prof. Dr. ANDRE NUNES DE SOUZA

Prof. Dr. KELTON AUGUSTO PONTARA DA COSTA

Prof. Dr. JOSE EDUARDO COGO CASTANHO

Dedico este trabalho aquela que possui valor muito maior do que de corais, que diariamente me recompensa com o bem, que se veste de força e esplendor todas as manhãs, que orienta meu futuro, que demonstra capacidade acima de todas, que me conquista em cada gesto e sorriso, sim, dedico este trabalho ao meu complemento, dedico a minha esposa.

AGRADECIMENTOS

Neste trabalho devo agradecer a muitas pessoas que: acreditaram, apoiaram e trabalharam juntas para a conclusão.

Ao Prof. André Nunes por acreditar em uma ideia e apoiar com seu conhecimento e tempo para que ela fosse colocada em prática.

A equipe do Departamento de Engenharia Elétrica: Alessandra, Rejane, Édson, Helton, Nelson, Osmar e professores que com sua amizade, alegria, conselhos e experiências, colaboram diretamente para a superação das dificuldades do dia a dia.

Aos colegas do Serviço Técnico de Informática que permitiram a utilização dos laboratórios didáticos, confiaram no trabalho, trocaram experiências e ajudaram diretamente no desenvolvimento da pesquisa.

Aos colegas de mestrado Caio, César, Danilo, Haroldo, Júlio, Maurício e Tiago por contribuir com suas experiências e dificuldades encontradas ao longo do caminho.

Por fim, a Faculdade de Engenharia de Bauru que permitiu meu desenvolvimento profissional e acadêmico e incentivo a este trabalho.

RESUMO

Este trabalho tem como principal objetivo apresentar um procedimento para a implementação da gestão de energia elétrica nos computadores das estações de trabalho dos usuários em uma rede de área local (LAN) e que está alinhado com os princípios de TI Verde. Todo procedimento é baseado nos conceitos de eficiência energética, como o diagnóstico energético em práticas sustentáveis de TI Verde e estudos de caso publicados pelo programa Energy Star. A implementação foi dividida em três fases: coleta de dados, análise e simulação, e de implementação e verificação dos resultados. O procedimento foi aplicado na LAN de três laboratórios de informática de ensino da Faculdade de Engenharia de Bauru, a fim de validar o procedimento. Antes do desenvolvimento deste trabalho, não haviam recursos de gerenciamento e controle de energia elétrica, estimativa do consumo de energia, e conhecimento da demanda de energia nos laboratórios. Após a aplicação do procedimento, observou-se uma redução de 40% no consumo de energia dos computadores e deficiências relacionadas a falta de gerenciamento de energia foram resolvidas.

Palavras-chave: Eficiência energética. TI Verde. Meio ambiente.

ABSTRACT

This work with the main aim to present a procedure to the implementation of electric power management on computers from workstations of users in a local area network (LAN) and that it is aligned with the principles of Green IT. All procedure is based on the concepts of energy efficiency, as the energy diagnosis in sustainable practices of Green IT, and case studies published by the Energy Star program. The implementation was divided into three phases: data collection; analysis and simulation; and verification of results. The procedure was applied in the LAN of three computer laboratories of the Faculty of Engineering of Bauru in order to validate the procedure. As result of this work, there were no resources of management and control for electric energy, estimate of the energy consumption, and knowledge of energy demand in the laboratories. After the application of the procedure, was observed a 40% reduction in energy consumption of the computers and deficiencies such as lack of energy management have been solved.

Keywords: Energy efficiency. Green IT. Environment.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Diagrama genérico das etapas de um diagnóstico energético	24
Figura 2 – Demanda de uma instalação.....	25
Figura 3 – Representação gráfica de uma curva de carga.....	26
Figura 4 – Ciclo de vida dos equipamentos de TI	27
Figura 5 – Diagrama de composição da TI Verde	28
Figura 6 – Infraestrutura típica de TI de uma organização	30
Figura 7 – Ambiente típico de TI com destaque para a abrangência da procedimento	38
Figura 8 – Detalhamento do diagrama	38
Figura 9 – Exemplo de seleção de parte de uma LAN	39
Figura 10 – Diagrama com os tipos de dados a serem levantados	40
Figura 11 – Exemplo de especificações técnicas.....	41
Figura 12 – Analisador de energia Fluke437 e módulo de aquisição NI-6211	43
Figura 13 – Prédio do Serviço Técnico de Informática e dos laboratórios de informática.....	53
Figura 14 – Laboratórios didáticos de informática do STI da FE.....	54
Figura 15 – Medidor de consumo de energia JNX-2000	56
Figura 16 – Diagrama do QDE	57
Figura 17 – Analisador de energia INSTRUTHERM modelo AE-200.....	58
Figura 18 – Instalação do AE-200 no circuito S1	58
Figura 19 – Console de gerenciamento Power Save	69

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Formas de energia	21
Tabela 2 – Exemplos de scripts de desligamento	34
Tabela 3 – Modelo de planilha para levantamento de dados técnicos	41
Tabela 4 – Parte do relatório de um analisador de energia elétrica	43
Tabela 5 – Modelo de planilha para levantamento de dados de utilização	46
Tabela 6 – Modelo para comparação dos custos de implantação.....	50
Tabela 7 – Infraestrutura dos laboratórios didáticos de informática	54
Tabela 8 – Dados técnicos dos manuais dos fabricantes	55
Tabela 9 – Dados técnicos obtidos através de medição no local	56
Tabela 10 – Levantamento de horários de utilização dos LDI's do segundo semestre de 2012	60
Tabela 11 – Implantação do Power Save nos LDI's	70
Tabela 12 – Tempos máximo de ociosidade e desligamento.....	70
Tabela 13 – Percentual de economia da semana	76
Tabela 14 – Projeção de economia para o campus de Bauru.....	79

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Consumo de energia elétrica no Brasil	14
Gráfico 2– Comparativo da emissão de CO ₂ com alguns países	15
Gráfico 3 – Perdas totais de energia elétrica por região	22
Gráfico 4 – Principais razões para a utilização de práticas verdes	29
Gráfico 5 – Evolução do PCE de alguns equipamentos de TI.....	29
Gráfico 6 – Fluxo energético de um Data Center típico.....	31
Gráfico 7 – Exemplo de curva de carga de DME	47
Gráfico 8 – Exemplo de gráfico de comparação de DME e Dm	48
Gráfico 9 – Exemplo de comparação de curva de carga da DME, Dm antes e Dm depois.....	51
Gráfico 10 – Curva de carga: DME e Dm do Domingo.....	61
Gráfico 11 – Curva de carga: DME e Dm da Segunda.....	62
Gráfico 12 – Curva de carga: DME e Dm da Terça.....	62
Gráfico 13 – Curva de carga: DME e Dm da Quarta.....	63
Gráfico 14 – Curva de carga: DME e Dm da Quinta	63
Gráfico 15 – Curva de carga: DME e Dm da Sexta.....	64
Gráfico 16 – Curva de carga: DME e Dm do Sábado.....	64
Gráfico 17 – Curva de carga da Demanda total diária: DME e Dm	65
Gráfico 18 – Curva de carga: DME, Dm e DmPS do Domingo	71
Gráfico 19 – Curva de carga: DME, Dm e DmPS da Segunda	72
Gráfico 20 – Curva de carga: DME, Dm e DmPS da Terça	73
Gráfico 21 – Curva de carga: DME, Dm e DmPS da Quarta.....	73
Gráfico 22 – Curva de carga: DME, Dm e DmPS da Quinta	74
Gráfico 23 – Curva de carga: DME, Dm e DmPS da Sexta	74
Gráfico 24 – Curva de carga: DME, Dm e DmPS do Sábado	75
Gráfico 25 – Curva de carga da Demanda total diária: DME, Dm e DmPS.....	75

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CAN	Campus Area Network
CE	Consumo Estimado
CM	Consumo Medido
FE	Faculdade de Engenharia
FEB	Faculdade de Engenharia de Bauru
GTD	Geração, Transmissão e Distribuição
LAN	Local Area Network (Rede Local)
LDI	Laboratórios Didáticos de Informática
PCE	Potencial de Conservação de Energia
PROCEL	Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica
QDE	Quadro de Distribuição Elétrica
ROI	Retorno Sobre o Investimento
STI	Serviço Técnico de Informática
TI	Tecnologia da Informação

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
1.1	Contextualização do problema	13
1.2	Objetivos	16
1.3	Justificativa	16
1.4	Estrutura do trabalho	17
2	REVISÃO DA LITERATURA.....	19
2.1	O meio ambiente.....	19
2.2	Os fundamentos e os conceitos da eficiência energética	20
2.3	Tecnologia da informação verde	27
2.4	Resumo do capítulo	36
3	GERENCIAMENTO E CONTROLE DE ENERGIA ELÉTRICA PARA COMPUTADORES EM REDE LOCAL	37
3.1	Levantamento de dados	39
3.1.1	Dados técnicos.....	40
3.1.2	Dados de utilização	44
3.2	Análise e simulação dos dados	46
3.2.1	Verificação do comportamento atual	46
3.2.2	Identificação do potencial de conservação de energia	48
3.2.3	Definição de recursos e ferramentas a serem implantadas.....	49
3.3	Implantação dos recursos e verificação dos resultados	50
3.4	Resumo do capítulo	51
4	VIABILIDADE E VALIDAÇÃO DO PROCEDIMENTO.....	53
4.1	Levantamento dos dados	53
4.1.1	Levantamento dos dados técnicos	54
4.1.2	Levantamento dos dados de utilização	59
4.2	Análise e simulação dos dados levantados	61
4.2.1	Verificação do comportamento atual	61
4.2.2	Identificação do potencial de economia	66
4.2.3	Definição de recursos e ferramentas a serem implantadas.....	67
4.3	Implantação dos recursos e verificação dos resultados obtidos	69
5	CONCLUSÕES	78
5.1	Aspectos gerais	78
5.2	Trabalhos futuros	79
5.3	Trabalhos publicados	79
	REFERÊNCIAS.....	80
	APÊNDICES	84
	ANEXOS	85

1 INTRODUÇÃO

A energia elétrica é insumo fundamental do desenvolvimento econômico, social e tecnológico de qualquer sociedade. Atualmente, o consumo de energia elétrica é uma das métricas utilizadas para verificar o índice de desenvolvimento econômico de um país. A racionalização de um recurso importante como a energia elétrica, pode ser visto sob duas formas:

- **Negativa** – quando não há disponibilidade. Na prática, representando limitação da capacidade produtiva nas indústrias, restrição em horários de funcionamento para o comércio, e redução na utilização de confortos domésticos que a energia elétrica proporciona.
- **Positiva** – quando há disponibilidade, mas, é utilizada em menor quantidade ou de forma planejada. Para setores como indústria, comércio e consumidores, a racionalização planejada significa a redução de uma despesa fixa.

A eficiência energética tem como princípio a racionalização planejada, nunca por privar os recursos quando precisarem da energia elétrica, mas, buscar a redução da quantidade de energia elétrica utilizada para realização de uma determinada tarefa (REIS, 1998).

O setor de tecnologia da informação (TI) assim como os demais, é um grupo consumidor de energia elétrica presente na maior parte das organizações atuais. De acordo com um relatório, o The Climate Group (2008) informa que 40% do consumo de energia da área de TI de uma empresa, é destinada a computadores e monitores que são utilizados em áreas de trabalho.

A eficiência energética em TI começou a ser discutida no início dos anos 1990, quando o setor ganhou destaque e importância na infraestrutura das empresas. Nessa mesma década, em 1992, a Agência de Proteção Ambiental (EPA) dos Estados Unidos criou o Energy Star, um programa que incentiva a pesquisa e aprimoramento de equipamentos e tecnologias com: menor consumo de energia; menor poluição ao meio ambiente (ENERGY STAR, 2012a).

Desde sua criação, o programa Energy Star contempla computadores, monitores e outros equipamentos da área de TI. O Energy Star disponibiliza uma base de informações e estudos de casos, de como reduzir o consumo de energia através

da ativação dos recursos de gerenciamento e controle de energia, implantação de campanhas de conscientização de usuários, entre outros (ENERGY STAR, 2012a).

Nos dias de hoje para algumas organizações, a infraestrutura de TI é responsável pela maior parte dos custos com energia elétrica, devido à grande quantidade de equipamentos necessários para o seu funcionamento. Esse fator, foi um dos que impulsionou a criação de uma política de gestão de TI com o objetivo de reduzir o consumo de energia elétrica e reduzir a emissão de resíduos ao meio ambiente, a denominada TI Verde (LUCAS, 2008).

O trabalho, procura apresentar uma solução para aumentar a eficiência energética dos computadores das áreas de trabalho dos usuários. Esses computadores, seguem a rotina de trabalho de seus usuários e portanto, existem períodos como intervalos de refeições, reuniões, e intervalos entre jornadas de trabalho, em que os computadores podem ser colocados em um modo de menor consumo de energia ou desligados.

Seguindo os métodos de pesquisa aplicada, este trabalho apresenta no capítulo 3, um procedimento para implantação de gerenciamento e controle de energia elétrica para computadores interligados por uma LAN. O procedimento, é elaborado unindo os métodos para implantação de um programa de eficiência energética, com a base de informações do Energy Star.

O procedimento elaborado pode ser aplicado em qualquer organização com infraestrutura de TI, e para executá-lo é necessário:

- Interpretar variáveis da organização que estejam relacionadas com a utilização dos computadores;
- Quantificar informações técnicas e de consumo de energia elétrica dos computadores que estiverem no escopo da abordagem;
- Simular os dados e extrair informações que orientem as decisões a serem tomadas;
- Implantar os recursos definidos e avaliar os resultados.

A validação do procedimento é apresentada no capítulo 4, com a aplicação do procedimento do capítulo 3 em um contexto real, três Laboratórios de Informática da Faculdade de Engenharia de Bauru (FEB) da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP), campus da cidade de Bauru.

Após a validação do procedimento, observou-se uma redução de 40% no

consumo de energia dos computadores desses laboratórios e as deficiências relacionadas ao gerenciamento e controle de energia foram resolvidas.

O trabalho busca mostrar a importância do problema no contexto nacional, pois, atualmente o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL), responsável por programas de incentivo ao combate ao desperdício da energia elétrica, não contempla os equipamentos de TI da mesma forma que o Energy Star. Os subprogramas que o PROCEL possui, atuam nas seguintes áreas (ELETROBRAS, 2013):

- Centro Brasileiro de Informação de Eficiência Energética - Procel Info
- Eficiência Energética em Edificações - Procel Edifica
- Eficiência Energética em Equipamentos - Procel Selo
- Eficiência Energética Industrial - Procel Indústria
- Eficiência Energética no Saneamento Ambiental - Procel Sanear
- Eficiência Energética nos Prédios Públicos - Procel EPP
- Gestão Energética Municipal - Procel GEM
- Informação e Cidadania - Procel Educação
- Eficiência Energética na Iluminação Pública e Sinalização Semafórica - Procel Reluz

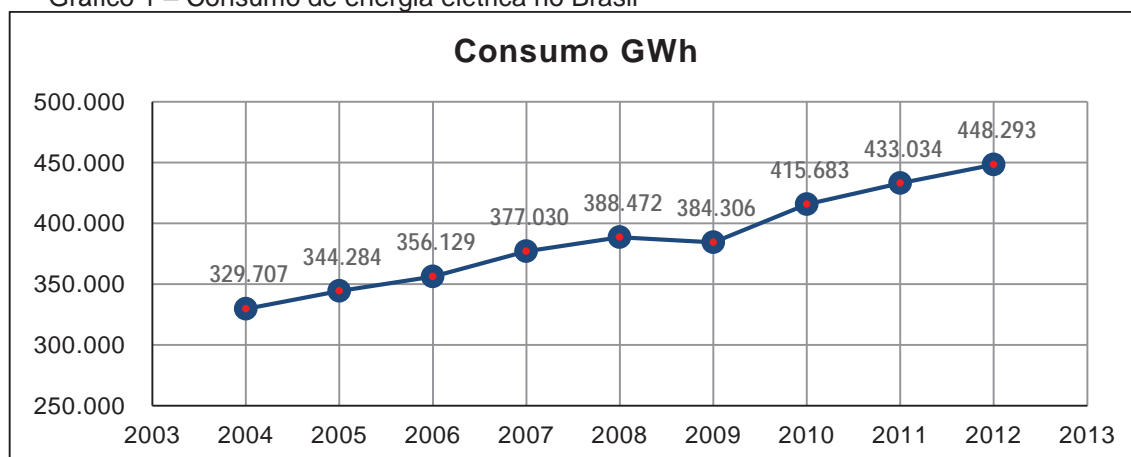
O trabalho também busca apresentar o alinhamento desse procedimento com os princípios da TI Verde, pois, a redução no consumo de energia elétrica é um dos benefícios obtidos com a aplicação do procedimento.

1.1 Contextualização do problema

A redução do consumo de energia elétrica é uma questão muito debatida em todo mundo atualmente. O desenvolvimento tecnológico que impulsiona o crescimento das potências econômicas está diretamente ligada ao consumo de energia elétrica.

No Brasil, de acordo com o boletim de análise do mercado de energia publicado pela Empresa de Pesquisa Energética (2013a), houve um aumento de mais de 26% no consumo de energia elétrica entre 2004 e 2012, esse crescimento é visualizado no Gráfico 1.

Gráfico 1 – Consumo de energia elétrica no Brasil



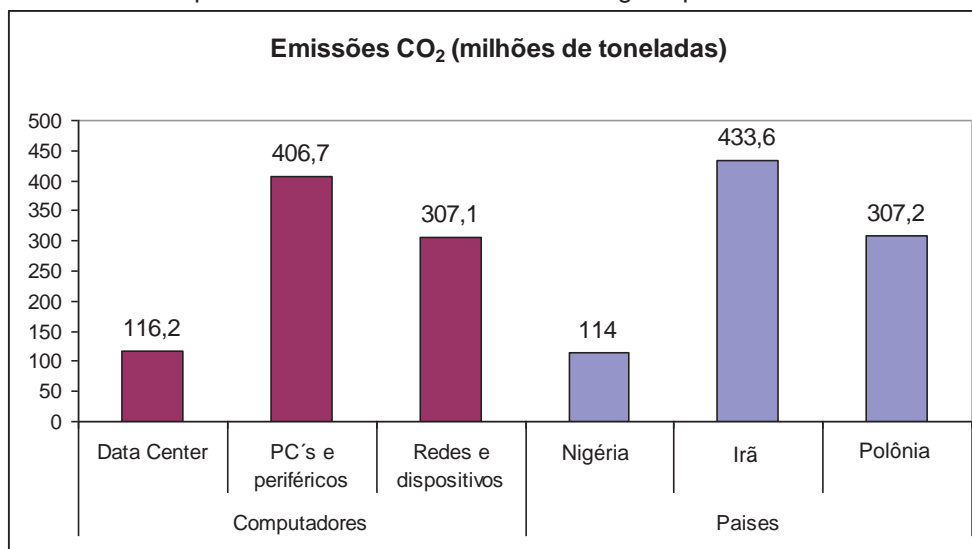
Fonte: Empresa de Pesquisa Energética (2013a).

Esse aumento no consumo de energia elétrica, está alinhado com o desenvolvimento econômico e tecnológico do Brasil em todos os setores. Esse mesmo relatório apresenta um crescimento de 5% do consumo de energia pelo setor de serviços.

No setor de serviços, encontram-se muitas empresas que dependem de uma grande infraestrutura de TI para seu funcionamento como: recuperadoras de crédito; prestadoras de serviço público; instituições de ensino; entre outras. Para essas empresas, boa parte do consumo de energia elétrica é do setor de TI ou, está diretamente relacionada ao seu funcionamento (equipamentos de refrigeração, proteção de energia, etc) (SILVA et al., 2010).

Nos dias atuais, os computadores fazem parte de um grupo que é considerado um dos grandes consumidores de energia elétrica, não apenas na utilização, mas, em cada fase de sua vida: a produção; o tempo de uso; e seu descarte. Todas essas fases representam de forma direta ou indireta, consumo de energia elétrica acompanhado de impacto ambiental (MURUGESAN, 2008).

A preocupação ambiental ganhou destaque através de levantamentos como o relatório elaborado pelo instituto The Climate Group (2008). Neste relatório é apresentado o total de emissão de gás carbônico (CO₂) feito por computadores (incluindo *Data Centers*, periféricos e dispositivos de rede) em 2008. Foram emitidas 830 milhões de toneladas, o equivalente a 2% da produção mundial de CO₂ em 2007. O Gráfico 2 apresenta, como exemplo, esse comparativo em relação a emissão de CO₂ total de alguns países.

Gráfico 2– Comparativo da emissão de CO₂ com alguns países

Fonte: The Climate Group (2008).

Este mesmo relatório aponta que a utilização de um computador gera cerca de uma tonelada de CO₂ a cada ano. Seus componentes contêm materiais tóxicos e o descarte desses consiste hoje em um problema ambiental.

O uso racional da energia elétrica traz benefícios financeiros e ambientais. A utilização de fontes de energia limpas também podem contribuir para diminuição desses problemas, mas, ao observar a matriz energética mundial, identifica-se que essa é 80% dependente da queima de combustíveis fósseis¹ e, até que uma mudança significativa aconteça, a eficiência energética hoje se mostra como excelente alternativa de apresentação de resultados à curto prazo (SILVA et al., 2010).

As organizações muitas vezes implantam campanhas de conscientização de boas práticas sustentáveis, como exemplo: incentivar para que os usuários desliguem o computador após seu período de utilização, apaguem as luzes de seus escritórios ou economizem água durante a higienização das mãos. Porém, com o passar do tempo, as boas práticas sustentáveis podem cair no esquecimento (MURUGESAN, 2008).

Em instituições de ensino, por exemplo, os laboratórios didáticos de informática são ambientes em que os computadores são compartilhados entre vários usuários diferentes durante seu funcionamento. Nesses locais, a dificuldade de se implantar uma política de economia de energia elétrica se torna ainda mais difícil, pela rotatividade dos usuários desses computadores. Assim, considerando a relevância do

¹ Derivados de petróleo, gás natural e carvão.

assunto para os princípios e práticas sustentáveis, o problema que orienta a pesquisa deste trabalho é tornar mais eficiente o consumo de energia elétrica de computadores de uma LAN, através da implantação de gerenciamento e controle de energia, sem alterar afetar o desempenho e disponibilidade desses computadores.

1.2 Objetivos

O objetivo principal deste trabalho é apresentar um procedimento para implantação de gerenciamento e controle de energia elétrica em computadores de uma LAN, visando à eficiência energética sem afetar o desempenho ou a disponibilidade do recurso a ser utilizado.

Outro objetivo é apresentar o alinhamento desse procedimento com os conceitos de TI Verde.

1.3 Justificativa

O Brasil passou por uma crise no setor elétrico nos anos 2000 que de acordo com a mídia, foi causada pela redução de investimentos no setor em anos anteriores. Atualmente, a redução no nível dos reservatórios da principal matriz energética do país, preocupa o governo e os responsáveis pelo setor. O crescimento, desenvolvimento e grandes eventos que estão para ocorrer em 2014 (Copa do Mundo de Futebol) e 2016 (Olimpíadas), colocam novamente em pauta as discussões sobre o risco de apagões e racionamento de energia.

Achar o ponto de equilíbrio entre aumentar a geração de energia e racionalizar seu uso, é um desafio para os responsáveis do setor elétrico, pois, decisões equivocadas podem prejudicar o futuro. O consumidor final pode contribuir nesse sentido, reavaliando seu consumo de energia e identificando potenciais de economia, sem deixar de realizar suas atividades.

Racionalizar o uso da energia elétrica é motivado por trazer benefícios financeiros como a redução da conta de energia e a preservação dos recursos ambientais. Para uma organização, a redução de custos é fator fundamental para garantir sua sobrevivência no mercado.

A utilização dos recursos de gerenciamento de energia dos equipamentos de TI é uma forma de auxiliar na redução do consumo, mas, pode ser um desafio aos

responsáveis de TI, caso as ações nesse sentido não estejam de acordo com as necessidades da organização.

Os computadores das áreas de trabalho são dotados com funções de economia de energia, um dos desafios dos administradores de TI é manter essas funções ativadas e configuradas.

Assim como nas demais organizações, existem razões significativas para implantação de programas de eficiência energética em uma universidade pública. Ela é a grande responsável pela pesquisa e desenvolvimento no Brasil e deve ser modelo na implantação de novas tecnologias. Implantar um programa de eficiência energética na universidade pública com vistas a redução de custos com energia é mostrar responsabilidade com o dinheiro público. Se houver boa divulgação, demonstrando os benefícios e os resultados positivos, isso pode estimular outras instituições de ensino e outras áreas a buscarem a redução de custos tomando medidas semelhantes. A imagem de uma organização que busca o desenvolvimento sustentável e a inovação tecnológica perante a sociedade local, independentemente dessa organização ser uma instituição pública ou privada, pode ser reforçada com essas iniciativas.

A TI Verde não surgiu de iniciativas de instituições de ensino, mas, seus princípios e práticas, estão sendo bem recebidos por instituições de ensino que fizeram a opção de adotá-la, visto que apresentam bons resultados. Neste sentido, este trabalho poderá proporcionar informações de como a TI Verde pode apresentar resultados específicos para universidades públicas.

Esperasse com esse trabalho, determinar melhores práticas para administrar um ambiente típico de laboratório didático de informática, com foco na redução do consumo de energia, tornando esse ambiente mais eficiente e alinhado com as questões sustentáveis.

1.4 Estrutura do trabalho

O presente trabalho está estruturado em cinco capítulos a contar desta introdução, que apresentou o problema, os objetivos, a justificativa e motivação do trabalho.

O capítulo 2 traz a revisão de literatura existente sobre assuntos pertinentes a pesquisa, tais como meio ambiente, eficiência energética e TI verde.

O capítulo 3 apresenta um procedimento para implantação de um programa

de eficiência energética em TI.

O capítulo 4 descreve a aplicação da abordagem em um contexto real para comprovar sua validação.

O capítulo 5 demonstra a reflexão sobre o problema de pesquisa e os objetivos traçados no capítulo 1 e sugestões para pesquisas futuras.

2 REVISÃO DA LITERATURA

Os conceitos que fundamentam este trabalho encontram-se neste capítulo. Ao final de cada item encontra-se uma explicação sobre a relação do tópico com o trabalho.

2.1 O meio ambiente

O meio ambiente é um conjunto de seres vivos ou não, que fazem parte do ecossistema do planeta e que possuem um equilíbrio mútuo explicado pela ciência. O ser humano em busca da sua sobrevivência e desenvolvimento, influencia diretamente esse equilíbrio e muitas vezes, prejudicando a si mesmo. O desenvolvimento tecnológico garante ao seres humanos melhores condições e infraestrutura nas áreas da saúde, do transporte, da alimentação, da comunicação, entre muitas, mas, esse desenvolvimento pode também causar danos ao meio ambiente. Quanto maior o desenvolvimento tecnológico, maior a utilização de recursos naturais e demanda por energia (LORA; TEIXEIRA, 2006).

De acordo com o instituto Energy Information Administration (2012), o Brasil produziu em 2010 cerca de 470 bilhões Kilowatt de energia elétrica ficando atrás apenas dos Estados Unidos e do Canadá no hemisfério ocidental.

Um dos impactos no meio ambiente que o desenvolvimento tecnológico causa é o chamado efeito estufa. O efeito estufa é um fenômeno natural, que mantém a terra aquecida impedindo que o planeta perca seu calor, mantendo assim a vida no planeta. As florestas têm papel fundamental no equilíbrio da temperatura do planeta, porém, como a quantidade delas diminui ano a ano, fenômenos naturais não desejados estão ocorrendo nos dias atuais em uma escala crescente (CARDOSO, 2006).

A queima de combustíveis fósseis para geração de energia elétrica traz alguma forma de consequência ambiental. Grande parte do óxido de enxofre (SO_x), óxidos de nitrogênio (NO_x), metano (CH₄) e o dióxido de carbono (CO₂) que poluem a atmosfera aumentando o efeito estufa, são causados por essa forma de geração de energia (LORA; TEIXEIRA, 2006).

A emissão de CO₂ na atmosfera é vista como o maior responsável de todos, pois, é emitido em maior quantidade na atmosfera. A concentração desses gases

modifica a intensidade da radiação térmica, causando desastres naturais como chuvas ácidas, alagamento de áreas costeiras, doenças respiratórias, entre outros fenômenos classificados como desequilíbrio do ecossistema (REIS, 1998).

Já por anos os seres humanos vem buscando formas de conciliar o desenvolvimento tecnológico e seus benefícios, com a conservação e preservação do meio ambiente e todo seu ecossistema. Esse objetivo é perseguido com a formulação de diferentes estratégias de desenvolvimento sustentável, já que a demanda mundial pela energia cresce continuamente, decorrente das necessidades das indústrias, setores de serviços e uso doméstico (LORA; TEIXEIRA, 2006).

Para Panesi (2006), eficiência energética e o meio ambiente estão associados, visto que a preservação e o combate aos desperdícios de energia, fazendo uso racional dos recursos naturais, reduz os impactos ambientais.

De acordo com Hinrichs (2010), deve-se ter consciência de que o desenvolvimento tecnológico não pode ser estagnado pela falta de energia, e que, não se pode manter a produção de energia com a atual matriz energética sem causar danos ao meio ambiente. Substituir a matriz de combustíveis fósseis por outras fontes de energia envolvem questões financeiras e ambientais, pois, fontes limpas como eólica e solar ainda tem alto custo de produção, e a energia nuclear gera resíduos radioativos que precisam ser descartados com segurança no meio ambiente.

Uma das soluções viáveis para o impasse é aumentar a eficiência dos sistemas que dependem da energia para seu funcionamento. A busca pela racionalização do uso da energia deve ser um processo constante, sempre se adequando as necessidades de desenvolvimento sem prejudicar o planeta.

2.2 Os fundamentos e os conceitos da eficiência energética

A energia pode ser definida como uma força que tem a capacidade de realizar algum tipo de trabalho sobre alguma coisa. A humanidade se utiliza dos diversos tipos de energia disponíveis para realizar tarefas que muitas vezes, seriam impossíveis a um único ser vivo. O planeta é rico em fontes de energia e essas, podem ser classificadas em três tipos na sua forma primária (sem transformação). Ao passar por um processo de transformação, as fontes de energia produzem a força necessária para ser aplicada, ou seja, realizar tarefas (HINRICHHS, 2010). A Tabela 1 apresenta algumas fontes de energia disponíveis.

Tabela 1 – Formas de energia

<i>Fontes primárias</i>	<i>Material</i>	<i>Uso Final</i>
Química	Carvão	Aquecimento
	Gás natural	Movimento
Nuclear	Urânio	Eletricidade
Solar	Sol	Eletricidade

Fonte: Hinrichs (2010, p. 48).

A Agência Nacional de Energia Elétrica (2002) descreve a importância da energia elétrica para o homem.

A energia, nas suas mais diversas formas, é indispensável à sobrevivência da espécie humana. E mais do que sobreviver, o homem procurou sempre evoluir, descobrindo fontes e formas alternativas de adaptação ao ambiente em que vive e de atendimento às suas necessidades. (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2002, p. 1).

A energia é um conceito tão fundamental que sua existência torna-se quase mais importante que sua definição. Muitas leis da físicas que explicam e governam o mundo natural são variantes das leis básicas dos fluxos energéticos, leis de conservação e dissipação de energia, desde o micro ao macrocosmo (NOGUEIRA, 2006a).

Para Hinrichs (2010), o interesse na utilização das fontes de energia são os benefícios que elas proporcionam. Quando se aquece a água do banho, ao colocar um carro em movimento, ao acender uma lâmpada, utiliza-se fontes de energia que já passaram por um processo de transformação.

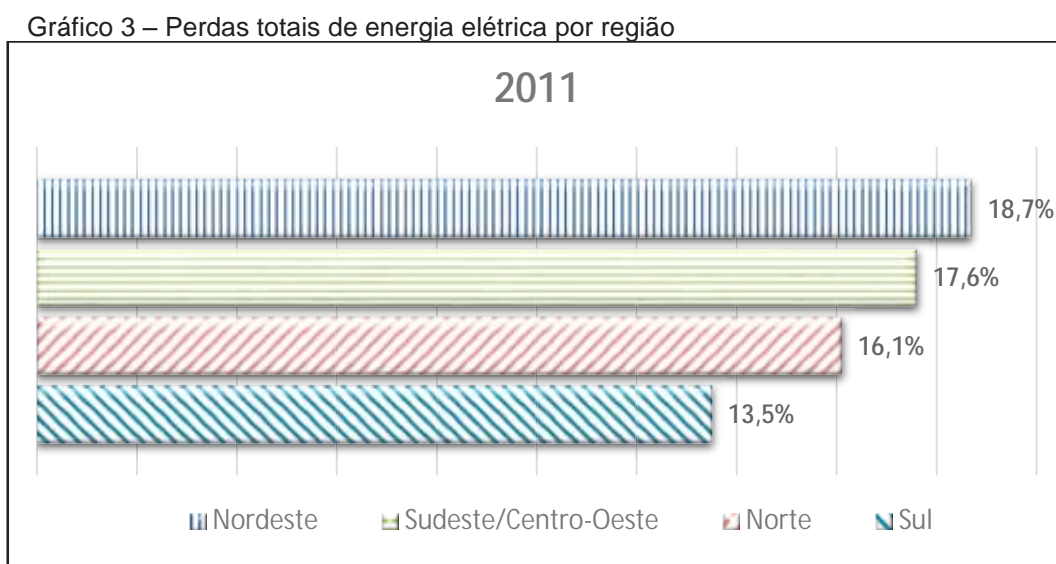
De acordo com Aldabó (2001), a energia elétrica atualmente é um serviço básico, necessário para uma sociedade se desenvolver. A energia elétrica abre as portas a serviços essenciais e aumento da qualidade de vida. Se a energia elétrica não tiver um custo acessível, é impossível uma economia se desenvolver completamente. Antes de chegar ao seu ponto de utilização, a energia elétrica percorre um sistema composto por três subsistemas: a geração, a transmissão e a distribuição da energia elétrica (GTD). O autor ainda destaca que a operação normal do sistema GTD gera algumas perdas na qualidade e quantidade de energia elétrica produzida, mas muitas dessas perdas são conhecidas e podem ser controladas.

No outro lado da questão, no cliente final, também ocorrem perdas onde as empresas de fornecimento de energia elétrica não tem controle da situação. Mesmo

estabelecendo padrões para ligações de energia elétrica em consumidores finais existem diversas falhas técnicas na instalação elétrica interna do cliente, aumentando as deficiências e perdas de energia elétrica (RAMOS, 2010).

Ramos (2010, p. 13), define as perdas em energia elétrica do lado cliente/consumidor como sendo a “diferença entre a energia gerada e/ou comprada por uma empresa de energia elétrica e a energia efetivamente faturada por ela”.

No Brasil, em média 16% da energia gerada é perdida, considerando as perdas técnicas e não técnicas. O Gráfico 3 apresenta as perdas totais de energia elétrica no país por região em 2011.



Fonte: Empresa de Pesquisa Energética (2013b, p.192).

Ainda existe outra forma de perda de energia, o chamado desperdício de energia elétrica. O desperdício também pode ser classificado como uma perda, pois, o recurso já adquirido poderia ser melhor utilizado para realização de outra tarefa.

A eficiência no uso da energia elétrica passou a fazer parte das discussões mundiais a partir da crise do petróleo no início dos anos 1970. Nesse período ficou claro que o uso dos recursos fósseis para geração de energia elétrica teria custos crescentes, tanto no aspecto econômico quanto ambiental (SACHS, 2007).

Panesi (2006), comenta que o uso de programas de eficiência energética traz como benefícios o aumento da produtividade e competitividade nas empresas, diminui emissões e impacto ao meio ambiente, aumenta a consciência contra o desperdício e melhoria nos processos e equipamentos. A eficiência energética não significa racionamento de energia, mas, diminuir o consumo de energia necessária

para produzir um mesmo trabalho.

Salomão (2010), define eficiência energética como a realização da mesma tarefa utilizando menos energia sem alterar o resultado final.

Já o Instituto Nacional de Eficiência Energética (2010), define eficiência energética como toda a atividade que procura otimizar os recursos energéticos consumidos para execução de uma tarefa ou funcionamento de um sistema e não uma simples racionalização de energia.

A eficiência energética pode ser obtida através de dois tipos de aspectos (SALOMÃO, 2010):

- **Aspecto técnico:** envolve as características de consumo de energia do equipamento. Obtida por substituir um equipamento com determinada tecnologia, por um mesmo, com tecnologia mais recente e eficiente, que execute a mesma, ou mais tarefas. Por exemplo, a troca de iluminação incandescente por iluminação eletrônica;
- **Aspecto comportamental:** aborda a forma de utilizar os equipamentos. Obtida por informar ao usuário como utilizar o equipamento e evitar o desperdício de energia na sua utilização. Por exemplo, a criação de uma campanha de conscientização para apagar as luzes do ambiente de trabalho ao sair, desligar os computadores ao final do expediente de trabalho, entre outros.

Antes de implantar um programa de eficiência energética em qualquer organização, deve-se realizar o diagnóstico energético para estabelecer um plano de ação coordenado (MARQUES; HADDAD; GUARDIA, 2007).

O diagnóstico energético é uma metodologia que tem por objetivo principal determinar as condições técnicas de uma instalação elétrica, sob o ponto de vista do consumo de energia, sendo capaz, de identificar problemas técnicos e comportamentais do escopo analisado (ALVAREZ, 1998).

O diagnóstico energético é válido para instalações novas, em caráter preventivo, ou instalações existentes, em caráter corretivo. Nogueira (2006b), propõe uma abordagem genérica em forma de etapas, adaptável as condições necessárias da organização. Essas etapas são apresentadas na Figura 1.

Figura 1 – Diagrama genérico das etapas de um diagnóstico energético



Fonte: Nogueira (2006b, p. 137).

As etapas são independentes e podem ser efetuadas por profissionais de diversas áreas do conhecimento. As etapas podem envolver a busca de informações institucionais, utilização de instrumentação para medições, entrevistas com usuários dos setores ou equipamentos, armazenamento e manipulação dos dados e até a contratação de empresa de prestação de serviço, por isso, um diagnóstico energético não possui um tempo específico para ser realizado, pois, dependerá do aprofundamento da busca pelas informações (NOGUEIRA, 2006b).

Para operacionalizar um programa de eficiência energética é necessário uma estrutura gerencial de abrangência compatível com a organização, em relação aos seu fluxos energéticos. Essa estrutura deve ser capaz de:

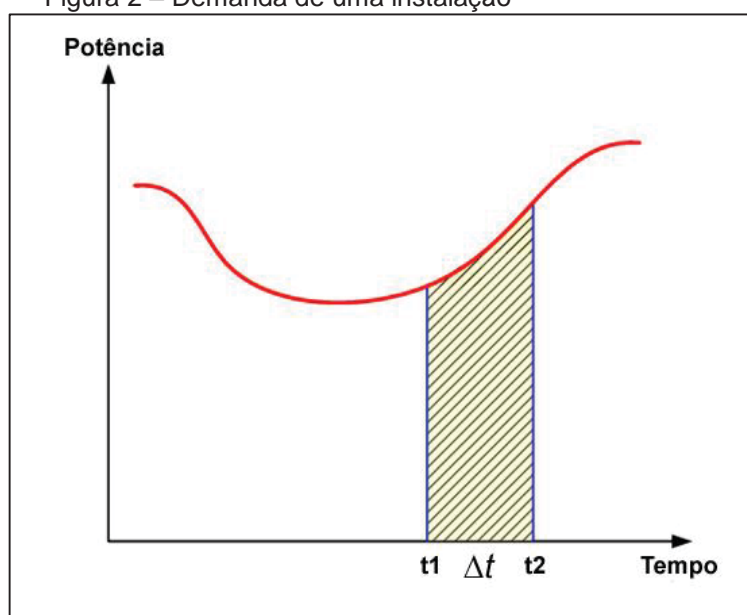
- **Conhecer:** informações sobre os consumos de energia da organização, as atividades que utilizam a energia elétrica e a relação com os produtos/serviços;
- **Acompanhar:** os índices de consumo de energia elétrica das áreas estudadas;
- **Atuar:** nos índices sempre com vista a reduzir o consumo de energia elétrica, implementando ações de racionalização da energia elétrica sem afetar a qualidade dos produtos/serviços.

Essa estrutura por si só, não conduz a eficiência energética, mas, constituem o primeiro e decisivo passo nessa direção. A união entre essa estrutura e

ações posteriores como: definição de metas; responsáveis pelas ações; acompanhamento do programa – são o que tornam possível o sucesso de um programa de eficiência energética (NOGUEIRA 2006b).

O potencial de conservação de energia (PCE), é o percentual que um equipamento pode energeticamente ser mais eficiente ao alterar seu modo de operação (SILVA et al., 2010). Para determinar o PCE deve-se conhecer primeiramente o consumo de energia. Em uma instalação elétrica a potência² elétrica instantânea consumida é definida como potência ativa (P). A potência ativa de uma instalação elétrica com vários equipamentos será variável em função da quantidade de equipamentos (ou cargas) ligadas em um determinado instante, portanto, para elaboração de um projeto de instalação elétrica, utiliza-se o valor médio da potência ativa integralizada em intervalos de tempo (período = Δt) geralmente de 15 minutos, a isso denomina-se Demanda (D). A Figura 2 demonstra a representação gráfica de uma Demanda.

Figura 2 – Demanda de uma instalação



Fonte: Andreoli (2005, p. 44).

Em termos matemáticos, Demanda é o consumo de energia integralizado durante um período constante (intervalo de integração), dividido pelo próprio período, conforme demonstrado a seguir (COTRIM, 2003, p. 145).

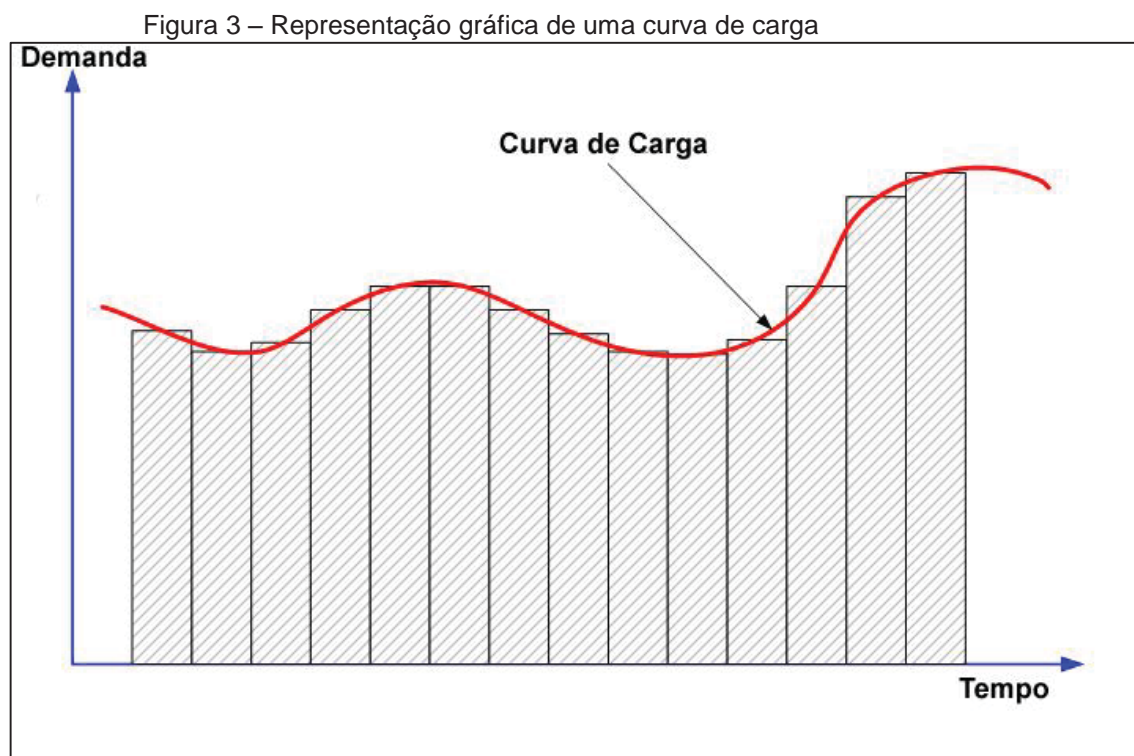
² Potência é a taxa de variação da energia consumida em função da tensão e corrente que passa por um circuito (COTRIM, 2003).

$$D = \frac{1}{\Delta t} \int_t^{t+\Delta t} P \cdot dt \quad (2.1)$$

A Demanda média (D_m) é definida pela altura de um retângulo cuja base é o período total (T) e a área é a energia total consumida (ϵ_T). A equação abaixo apresenta essa definição (COTRIM, 2003, p. 145).

$$D_m = \frac{\epsilon_T}{T} \quad (2.2)$$

A representação gráfica dos pontos médios das Demandas, em função do tempo de um determinado período, é denominado como Curva de Carga da Demanda. A curva de carga, representa graficamente como a energia elétrica é utilizada em determinado grupo consumidor de energia. Com a curva de carga pode-se determinar a Demanda Máxima (D_M) do grupo consumidor através da observação do máximo valor registrado para a Demanda integralizada em intervalos de tempo (ANDREOLI, 2005). A Figura 3 mostra o aspecto de uma curva de carga com variação de Demanda no tempo.



Fonte: Andreoli (2005, p. 45).

Em uma instalação elétrica que tem um consumo de energia constante, a curva de carga praticamente permanece plana, portanto, nesse caso, a D_M praticamente é a mesma que a D_m . Já em instalações elétricas que o consumo é variável, nota-se as alterações das D_m no decorrer do período analisado, deixando claro a diferença entre a D_m e a D_M da instalação.

Esses conceitos são utilizados na fundamentação dos levantamentos de dados e técnicas de análise e pesquisa utilizadas nos capítulos 3 e 4 deste trabalho.

2.3 Tecnologia da informação verde

A tecnologia da informação verde (TI Verde), é uma política de gestão que visa maior eficiência e menor impacto ambiental durante todo o ciclo de vida dos equipamentos da área de TI (CALDER, 2009). A Figura 4 apresenta o ciclo de vida dos equipamentos de TI.

De acordo com Murugesan (2008), todo equipamento de TI possui um potencial de conservação de energia. A TI Verde beneficia o meio ambiente através da melhoria da eficiência energética, redução de emissão de gases que contribuem para o efeito estufa, e incentivo a reciclagem.

Figura 4 – Ciclo de vida dos equipamentos de TI



Fonte: Elaborado pelo autor (2013).

A importância do tema visa estimular as organizações de TI, ou que se utilizam dos recursos dela, para o uso de recursos tecnológicos e políticas que minimizem as agressões ao meio ambiente. Essa estratégia pode proporcionar benefícios financeiros e também, mostrar a responsabilidade social da organização perante a sociedade. A TI Verde pode ser definida, como a união da eficiência energética com gestão de recursos de TI, que vai desde a cadeia produtiva (ciclo que vai da extração de matéria-prima até o final da vida útil do equipamento), incluindo o seu descarte (SILVA et al., 2010). A Figura 5 representa a união desses conceitos.

Figura 5 – Diagrama de composição da TI Verde



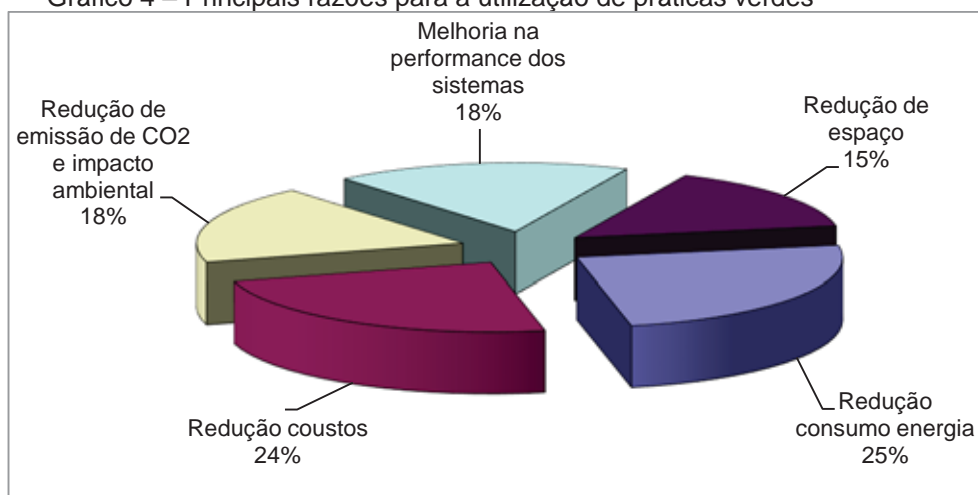
Fonte: Elaborado pelo autor (2013).

A união desses conceitos gera interesse por parte do setor de negócios em TI. Em uma pesquisa publicada pela revista Computerworld (2013), no Brasil, iniciativas de TI Verde crescem em importância nas organizações de acordo com a avaliação de 80% dos executivos que participaram da pesquisa. Outro dado da pesquisa, é que 43% dos executivos revelaram que no momento de escolher um fornecedor, levam em conta as ações do fornecedor em relação a questões ambientais.

A mudança de percepção corporativa em relação à sustentabilidade, vem ocorrendo, desde 1987, quando a Organização das Nações Unidas definiu desenvolvimento sustentável como “o desenvolvimento que atende às necessidades do presente sem comprometer as gerações futuras” (CAETANO 2009, p. 1).

Essa tendência se torna evidente quando observa-se uma pesquisa realizada pela Sun Microsystems, onde foi apurado que a redução do consumo de energia elétrica e a redução de custos que isso traz, são as principais razões para a utilização de práticas de TI Verde (MURUGESAN 2008). O Gráfico 4 ilustra esse resultado.

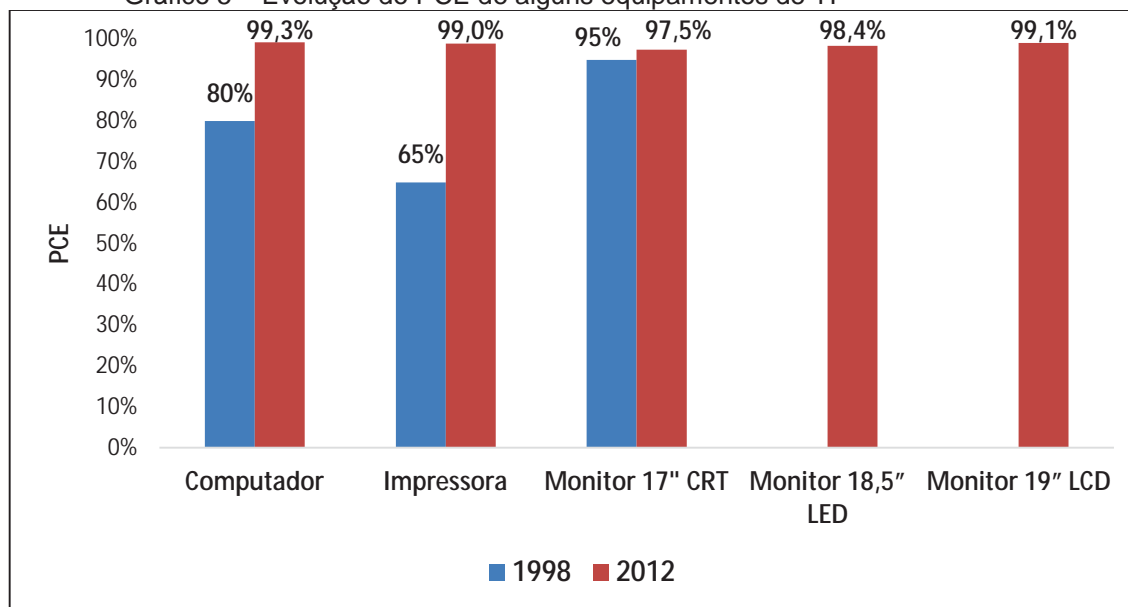
Gráfico 4 – Principais razões para a utilização de práticas verdes



Fonte: Murugesan (2008).

O potencial de conservação de energia (PCE) dos equipamentos de TI aumentam de acordo com a evolução dos equipamentos e as tecnologias utilizadas na fabricação. O Gráfico 5 apresenta a evolução do PCE (valores médios), de alguns equipamentos de TI.

Gráfico 5 – Evolução do PCE de alguns equipamentos de TI

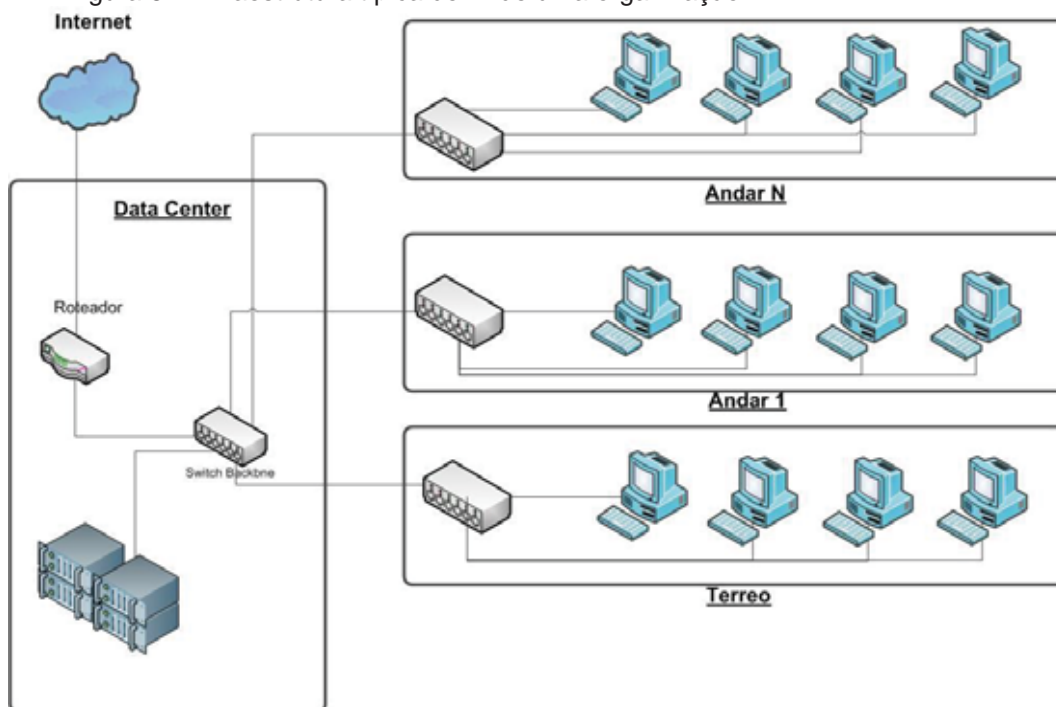


Fonte: Adaptado de Alvarez (1998, p. 47).

Sob o ponto de vista técnico, a implantação da TI Verde está relacionada com o tipo de infraestrutura que será abordado. Existem diferentes ações para diferentes ambientes, por isso, é necessário separar a implantação de recursos de acordo com a área de infraestrutura de TI da organização.

A infraestrutura típica de TI está representada na Figura 6.

Figura 6 – Infraestrutura típica de TI de uma organização



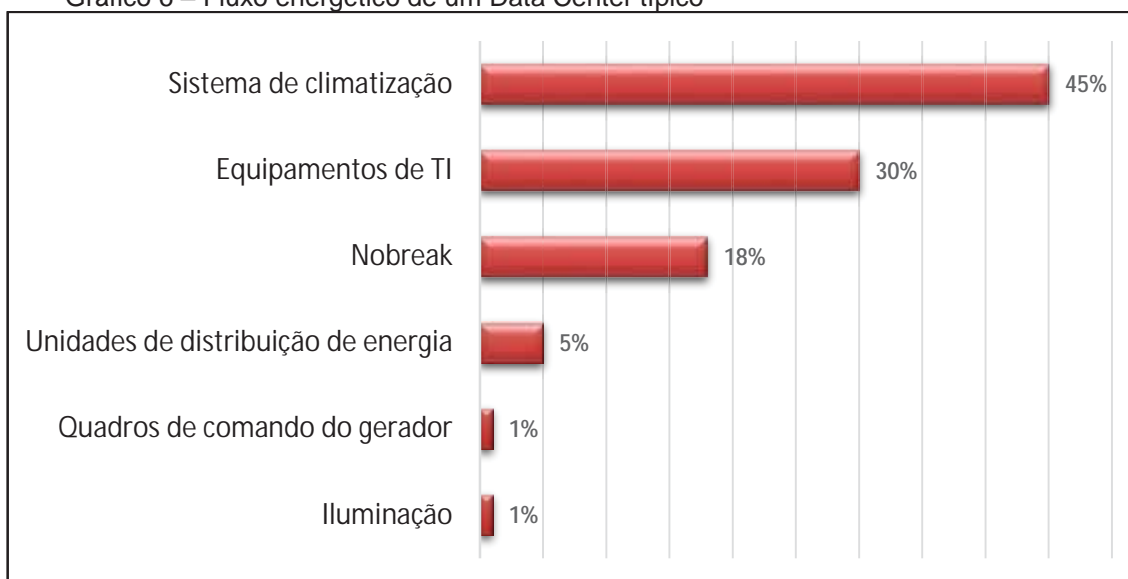
Fonte: Silva et al. (2011).

A Figura 6 apresenta duas partes distintas da infraestrutura de TI de uma organização, são elas:

- **Data Center ou sala de equipamentos** – tem por objetivo prover a infraestrutura de serviços, necessária ao funcionamento da organização. É composta por computadores do tipo servidor, switches de rede, roteadores, equipamentos de telecomunicação, sistemas corporativos, entre outros.
- **Infraestrutura de utilização** – tem por objetivo dar acesso aos usuários através de equipamentos, o acesso aos serviços oferecidos pela infraestrutura de Data Center. Ela é composta por computadores, notebooks, impressoras, scanners, pontos de acesso sem fio, entre outros.

A infraestrutura do *Data Center* é fisicamente centralizada, normalmente em uma única sala. As ações de eficiência energética nesse ambiente podem abranger os equipamentos de TI e os demais existentes (EATON, 2009). O Gráfico 6, apresenta o consumo por tipo de sistema que constitui um *Data Center* típico.

Gráfico 6 – Fluxo energético de um Data Center típico



Fonte: Eaton (2009).

O requisito disponibilidade para esse ambiente, não permite na maioria dos casos que algum equipamento seja desligado para economizar energia, mas, existem algumas implementações alinhadas com TI Verde, que podem ser aplicadas aos equipamentos de TI sem prejudicar a disponibilidade dos serviços, como exemplo:

- Virtualização de servidores;
- Consolidar equipamentos com baixa utilização em outros mais produtivos;
- Gerenciamento do uso dos núcleos dos processadores;
- Utilizar fontes de alimentação com maior eficiência energética.

Diferentemente da infraestrutura de *Data Center*, a infraestrutura de utilização é descentralizada, ocupando os espaços necessários de forma a atender as necessidades dos usuários. Esse é um dos desafios encontrados pelos administradores de TI, pois, os equipamentos estando expostos diretamente aos usuários, podem sofrer alterações nas configurações de controle de energia e permanecerem assim, até a próxima intervenção técnica (BERL; MEER, 2011).

Os recursos de economia de energia aplicáveis em *Data Center*, diferem dos aplicáveis aos equipamentos das áreas de utilização. Nesse ambiente, os equipamentos podem ser desligados nos períodos que não estão em uso, ou, configurados para entrar em um modo de menor consumo de energia, após um determinado período de ociosidade (BERL; MEER, 2011). Os modos de operação de

menor consumo de energia que fazem o gerenciamento de energia dos equipamentos são denominados:

- **Modo de espera ou Stand-By** – Reduz o consumo de energia do equipamento por interromper o modo de operação normal. O retorno ao modo de operação é menor que um segundo para monitores, notebooks, entre outros. Esse recurso é aplicável a computadores, monitores, notebooks, impressoras, entre outros.
- **Modo de hibernação** – Recurso aplicável a computadores, notebooks, ultrabooks e similares. O recurso salva uma imagem da área de trabalho com todos os softwares e arquivos em execução e em seguida, desliga o equipamento. Ao retornar ao modo de operação, a área de trabalho é recuperada ao estado que foi salva.

Outro desafio, é ativar os recursos de gerenciamento de energia em LAN's com grande quantidade de equipamentos. O trabalho demanda tempo e deve-se levar em consideração que os computadores precisam: receber atualizações de segurança e de softwares administrativos; comunicar-se com outros usuários da rede ou externamente. Portanto, a configuração dos recursos de gerenciamento de energia não podem afetar o funcionamento do computador (WALKER, 2009).

As soluções para implantação de gerenciamento de energia na área de TI, sob forma de métodos e ferramentas de software, ganham espaço nas discussões sobre administração de infraestrutura de TI. Uma grande base de dados com informações sobre esse assunto pode ser encontrada na página de informações do programa Energy Star (2012a).

O Energy Star (2012a), foi criado pela Agência de Proteção Ambiental (EPA) dos Estados Unidos e teve início em 1992, com o objetivo de promover a redução do consumo de energia elétrica através práticas eficientes nas residências e empresas, dessa maneira, reduzindo custos e protegendo o meio ambiente. O programa iniciou com a rotulagem de equipamentos de TI, identificando esses como produtos energeticamente eficientes e que contribuíam para redução das emissões de gases nocivos, que causam o efeito estufa. Atualmente, o programa contempla equipamentos de escritório, iluminação, eletrodomésticos, edificações comerciais e industriais, assemelhando-se ao programa brasileiro Procel, com exceção a abrangência dos equipamentos de TI.

O Energy Star (2012a) possui a campanha *Low Carbon IT* que demonstra a aplicação dos conceitos de TI Verde para redução do consumo de energia elétrica e consequentemente, índices de emissão de CO₂ ao meio ambiente.

Essa campanha possui seis tópicos de ajuda para implantação de TI Verde e redução de custos. Uma delas, a “*Put Your Computers to Sleep*” apresenta soluções para ativar e configurar o gerenciamento de energia de computadores localmente ou através da LAN. Essas soluções são categorizadas como softwares livres (funções já existentes no sistema operacional) e softwares proprietário.

No Energy Star (2012a) encontram-se estudos de casos de instituições de ensino e empresas que implantaram recursos e apresentam seus resultados. Em um desses casos, a Universidade de Wisconsin em Oshkosh nos EUA, implantou o gerenciamento de energia em 2900 computadores com a seguinte política:

- Desligar os monitores após 15 minutos de ociosidade;
- Hibernar os computadores após 30 minutos de ociosidade.

O resultado deste caso foi uma economia de US\$76.500,00 por ano, com energia elétrica (ENERGY STAR, 2012b).

Em outro caso, a empresa Fusion Trade passou a economizar cerca de US\$70,00/ano por computador com energia elétrica. Os administradores de TI utilizaram o software livre *EZ GPO*, que aliado ao gerenciamento do *Active Directory*³ existente, simplificou a implantação de gerenciamento de energia por aplicar a seguinte política (ENERGY STAR, 2012c):

- Desligar os monitores após 45 minutos de ociosidade;
- Hibernar os computadores após 90 minutos de ociosidade.

As soluções de software livre consistem na ativação dos recursos de gerenciamento de energia do sistema operacional, aliado a *scripts*⁴ que permitem executar tarefas nos computadores através da LAN. Os sistemas operacionais permitem agendar tarefas de desligamento e hibernação. Em uma arquitetura de domínio⁵, os computadores da LAN permitem ativação e configuração dos recursos

³ Serviço de diretório da Microsoft para gerenciamento e administração de redes locais.

⁴ Programa de computador em forma de roteiro.

⁵ Em um ambiente de domínio um ou mais computadores da LAN são servidores do domínio. Suas funções visam controlar a segurança, permissões, configurações para todos os computadores pertencentes ao domínio.

de gerenciamento de energia através de políticas de configuração.

Como exemplo, para desligar um grupo de computadores com sistema operacional *Microsoft Windows XP*, pode-se elaborar um *script* para desligar os computadores local ou remotamente. A Tabela 2 apresenta esses exemplos.

Tabela 2 – Exemplos de scripts de desligamento

Script local	Script Remoto
@echo [Inicio do script de desligamento] shutdown -s @echo [Fim do script]	@echo [Inicio do script de desligamento] shutdown -s -m \\computernome-1 shutdown -s -m \\computernome-2 shutdown -s -m \\computernome-N @echo [Fim do script]

Fonte: Elaborado pelo autor (2013).

Os dois exemplos apresentados na Tabela 2 podem ser executados quando houver a necessidade ou, inseridos no *Agendador de Tarefas* do sistema operacional, dessa forma, automatizando a tarefa em um horário especificado.

As soluções de software proprietário incorporam todas as facilidades descritas para o software livre, acrescido de recursos de gerenciamento centralizado, relatórios, auditorias, automação de tarefas, agendamento de tarefas, entre muitas, que facilitam a administração da infraestrutura de TI (BERL; MEER, 2011).

A *Microsoft Research* apresentou uma ferramenta que mantém o computador em modo de economia de energia, sem perder a conexão com a rede corporativa. O sistema denominado *Sleep Proxy* foi instalado em mais de 50 computadores da própria empresa e permitiu que os computadores permanecessem desligados em mais de 50% do tempo (REICH et al., 2010).

A *Faronics* é uma empresa de desenvolvimento de softwares para administração em infraestrutura de TI. O *Power Save* é uma das ferramentas do seu portfólio. Em um caso citado, os administradores de TI destacam o gerenciamento centralizado como base para o sucesso na implantação, e dos bons resultados obtidos (FARONICS, 2012). Em seu site, constam casos de clientes como o da empresa ADT, que implantou o *Power Save* em mais de 3.000 computadores e economizou 36.000kW de energia elétrica por mês.

Independentemente da solução a ser implantada, todas demandam capital para suprir o investimento. Dispor de capital para utilizar na própria organização, necessita de planejamento detalhado sobre como, de onde e quanto tempo, isso afetará as finanças da organização. Os recursos devem ser aplicados de forma

otimizada, no sentido de que possam propiciar a geração de resultados suficientes para ressarcir as fontes de financiamento e ainda, proporcionar lucros para serem reinvestido na própria organização (ASSAF NETO, 2009).

Como programas de eficiência energética podem envolver recursos financeiros, é de importância avaliar o custo-benefício dos projetos envolvidos (PANESI, 2006).

O Energy Star (2012a) possui uma planilha de cálculo (ANEXO A) de economia de energia para equipamentos de escritório. Essa planilha é uma ferramenta que auxilia o administrador de TI a estimar o PCE de equipamentos típicos de TI como os computadores, notebook's, impressoras, fax e copiadoras.

O retorno sobre o investimento (ROI) é uma característica fundamental a ser levantada em um projeto na área de TI, pois, um projeto deve adequar os fatores tecnológicos, os requisitos desse projeto e o tempo de vida útil da tecnologia utilizada (ASSAF NETO, 2009). O ROI pode ser definido como o investimento realizado sobre o lucro obtido de uma tecnologia, produto ou serviço adquirido por uma empresa. A equação do ROI está representada abaixo (ASSAF NETO, 2009).

$$\text{ROI} = \frac{\text{Investimento Realizado}}{\text{Lucro obtido}} \quad (2.3)$$

Onde:

- **Investimento realizado:** valor total do investimento (moeda corrente)
- **Lucro obtido:** economia obtida durante um período de tempo (dias, meses, anos)

O resultado, representa o período em meses, que o valor do lucro obtido será maior que o investimento realizado. O ROI é um indicador que evidencia o retorno propiciado pelas decisões de investimentos, avaliando se o empreendimento foi atrativo economicamente (ASSAF NETO, 2009).

As técnicas e os métodos de eficiência energética aplicados em TI, possuem foco na economia de energia. Os princípios e conceitos de TI Verde também visam a economia de energia, mas, complementam com conceitos de preservação ambiental e preocupação com a imagem institucional da organização. Esse conceito é utilizado para a elaboração do procedimento do capítulo 3 deste trabalho.

2.4 Resumo do capítulo

Neste capítulo foram apresentadas as bases de informações sobre os conceitos, princípios e métodos utilizados para a elaboração do trabalho. Foram apresentadas as preocupações ambientais atuais, como o aumento da emissão de gases tóxicos gerados pelo aumento do consumo de energia, impulsionado pelo desenvolvimento tecnológico, e que, a racionalização da energia, é uma boa opção para equilibrar a redução do problema sem impactar o desenvolvimento tecnológico. A racionalização planejada é a base da eficiência energética, que retornam bons resultados quando implantada seguindo uma metodologia. A política da TI Verde, contempla conceitos de eficiência energética e tem por objetivo, a redução de custos com energia e a preservação ambiental. Organizações de diferentes segmentos que implantaram políticas de TI Verde reportam bons resultados. No próximo capítulo será apresentado um procedimento para a implantação de recursos de gerenciamento de energia em computadores de uma LAN.

3 GERENCIAMENTO E CONTROLE DE ENERGIA ELÉTRICA PARA COMPUTADORES EM REDE LOCAL

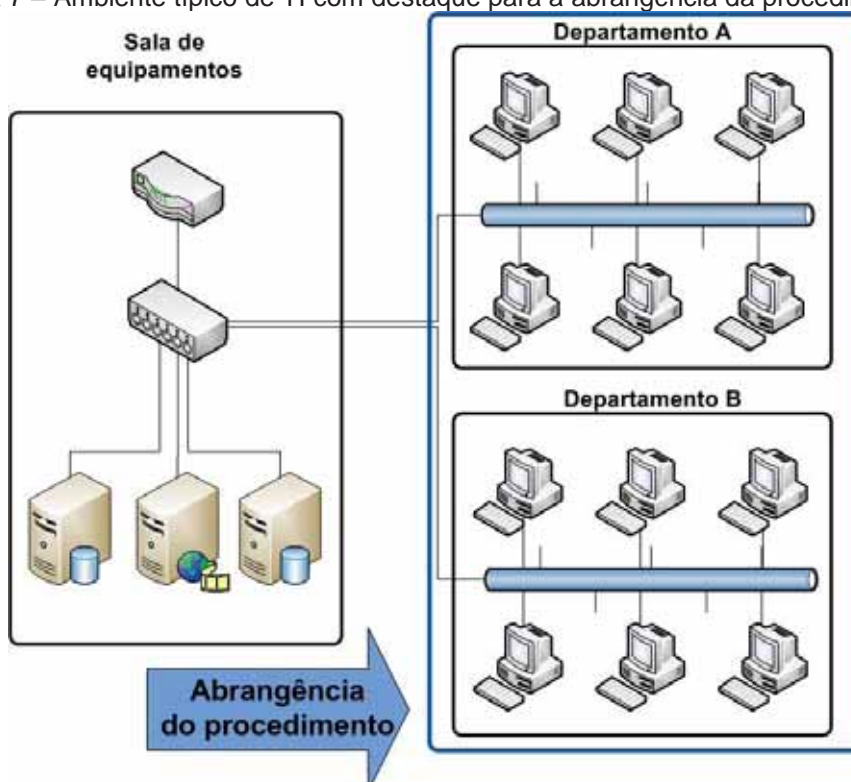
O procedimento para implantação de gerenciamento e controle de energia elétrica em computadores de uma LAN, tem por objetivo mostrar os passos necessários para que um administrador de TI possa implantar o gerenciamento e controle do consumo de energia elétrica em uma LAN, visando os computadores das áreas de trabalho dos usuários. Geralmente, os equipamentos de TI que compõe uma LAN, possuem recursos de gerenciamento de energia, mas, a atenção especial aos computadores das áreas de trabalho dos usuários justifica-se, pois, num ambiente típico de TI, os computadores de usuários são encontrados em maior quantidade.

A grande parte dos computadores comercializados atualmente possui recursos de gerenciamento de energia, e isso contribui em torná-los energeticamente mais eficientes. Esses recursos identificam os períodos em que o computador está ocioso e o coloca em um estado de menor consumo de energia até que o usuário retorne a utilizá-lo. Mas, em alguns casos, os usuários desativam esses recursos de gerenciamento de energia entre um intervalo e outro, alegando que determinadas funções do computador (como comunicadores instantâneos), deixam de funcionar quando o computador entra em modo de menor consumo de energia. Ainda há os usuários que alegam que seus computadores não podem ser desligados entre as jornadas de trabalho, pois, mesmo fora do ambiente de trabalho precisam acessá-los para obter informações e recursos de seus computadores.

O desafio dos administradores de TI é criar maneiras para que esses recursos fiquem ativos e configurados, para atender a demanda necessária, sem prejudicar o desempenho e a disponibilidade do computador ao usuário. O administrador de TI também deve se preocupar com as rotinas administrativas, como atualização de softwares de segurança e do sistema operacional, tarefas essas, que não precisam ser feitas na presença do usuário, mas, exige que o computador esteja em funcionamento.

O procedimento aqui apresentado não contempla computadores do tipo servidor, pois esses computadores, tem a função de prover serviços a uma LAN, portanto, estar o tempo todo disponível é um requisito básico desse tipo de computador. A Figura 7 ilustra um ambiente típico com infraestrutura de TI e a abrangência do procedimento.

Figura 7 – Ambiente típico de TI com destaque para a abrangência da procedimento

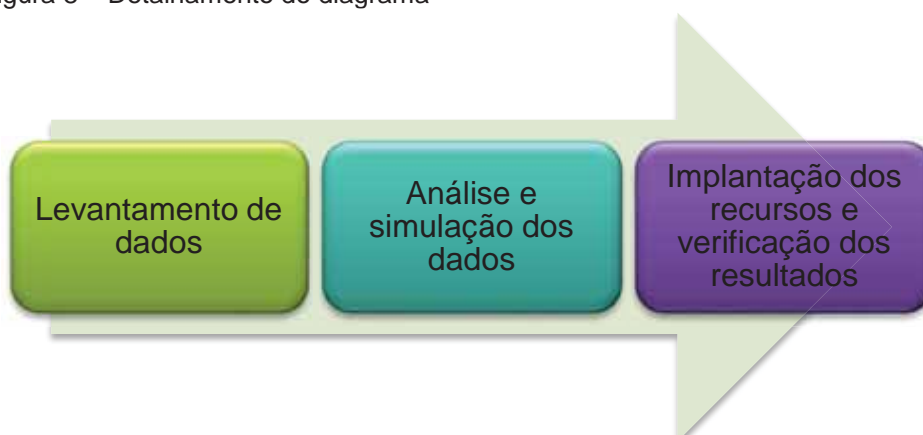


Fonte: Elaborado pelo autor (2013).

Esse procedimento está fundamentado nos conceitos da Eficiência Energética e da TI Verde apresentados no capítulo 2 deste trabalho.

Para facilitar a implantação, o procedimento foi segmentado em três etapas que podem ser visualizadas na Figura 8. O detalhamento e explicações de cada etapa estão descritas nos subitens seguintes.

Figura 8 – Detalhamento do diagrama



Fonte: Elaborado pelo autor (2013).

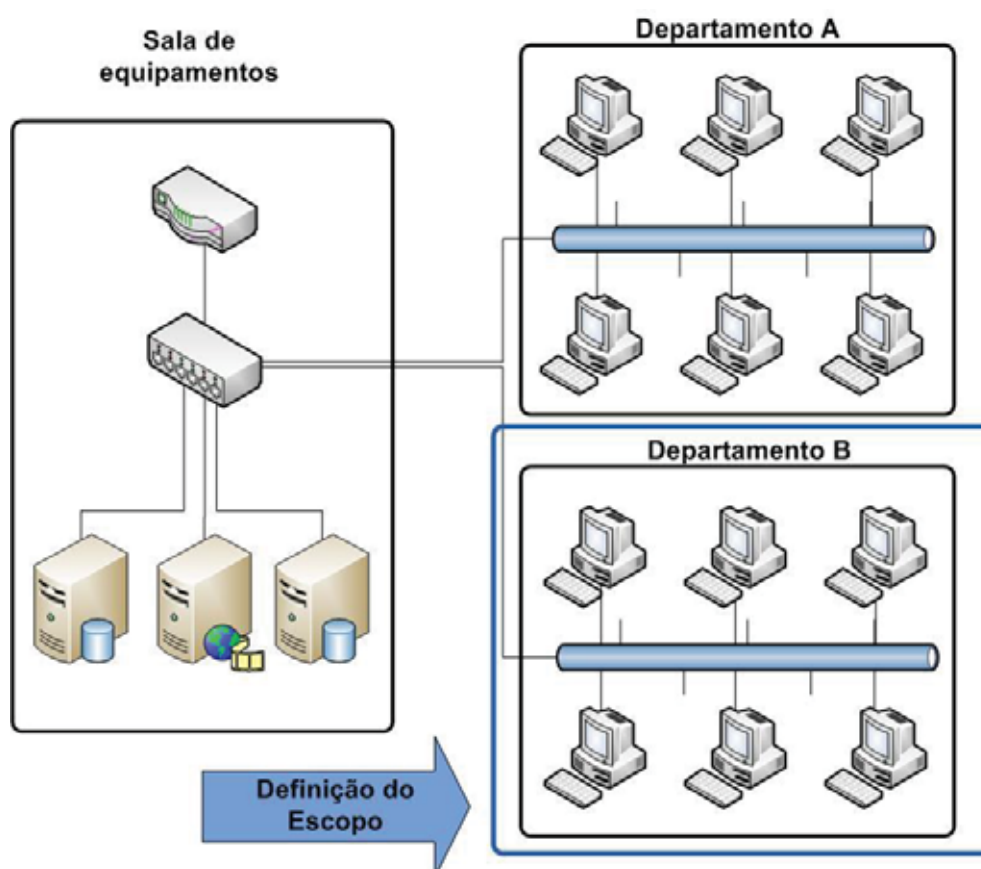
3.1 Levantamento de dados

Nesta primeira etapa do procedimento, deverão ser definidos:

- O escopo de implantação;
- Quais dados devem ser levantados;
- Como isso pode ser feito;
- Como podem ser armazenados os dados levantados.

O procedimento visa abranger os equipamentos de uma LAN, mas, não necessariamente toda a LAN, pois, a critério do administrador de TI, alguns equipamentos podem ficar sem gerenciamento e controle e portanto, cabe ao administrador de TI definir o escopo de implantação do procedimento que pode compreender uma ou várias partes dessa LAN. A Figura 9 exemplifica a definição do escopo de implantação do procedimento apenas no Departamento B.

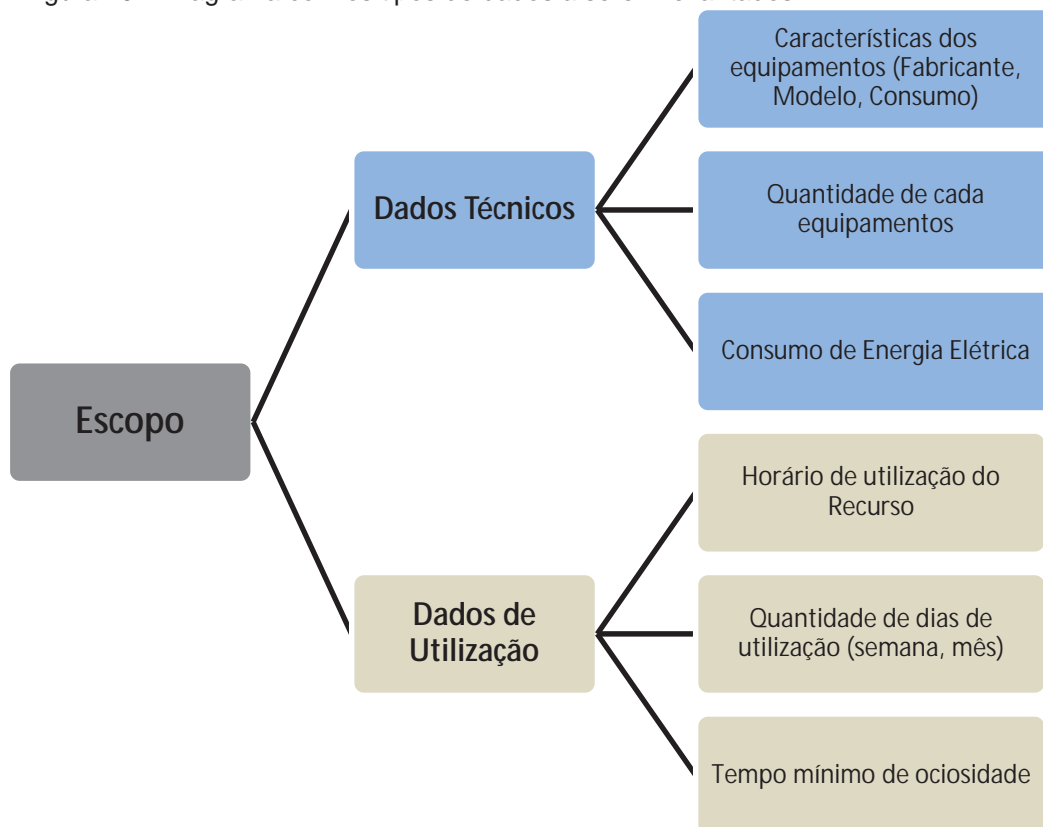
Figura 9 – Exemplo de seleção de parte de uma LAN



Fonte: Elaborado pelo autor (2013).

Para que o levantamento de dados satisfaçam os requisitos mínimos de quantidade e tipos de dados, propõe-se que os dados sejam divididos em: dados técnicos e dados de utilização (ou dados de usuários). Essa divisão está representada na Figura 10.

Figura 10 – Diagrama com os tipos de dados a serem levantados



Fonte: Elaborado pelo autor (2013).

3.1.1 Dados técnicos

Ao construir um equipamento o fabricante elabora seu manual e às vezes disponibiliza na Internet diversas informações sobre o equipamento como: peso, dimensões, temperatura de operação, entre outras. Para a implantação do procedimento, nem todos os dados fornecidos pelo fabricante são necessários. A Figura 11 apresenta o exemplo de uma página com informações técnicas de um equipamento.

Figura 11 – Exemplo de especificações técnicas

Dimensões do computador		
Altura	14,85 polegadas	37,72 cm
Largura	6,95 polegadas	17,65 cm
Profundidade	16,85 polegadas	42,80 cm
Peso aproximado	23,5 libras	10,66 kg
Faixa de temperatura		
Em operação	50° a 95 °F	10° a 35 °C
Fora de operação	-22° a 140 °F	-30° a 60 °C

Fonte: HP (2012).

Os dados técnicos dos equipamentos de TI compreendem valores e grandezas numéricas que dizem respeito ao próprio equipamento. De acordo com o tipo de equipamento, esses valores e grandezas são diferentes e mesmo quando os equipamentos são similares, essa diferença pode ocorrer. Por isso, mesmo que os equipamentos pertençam ao mesmo fabricante e executem a mesma tarefa, é importante verificar se o modelo e as características dos equipamentos são as mesmas. Por exemplo, em um ambiente com dez computadores de um mesmo fabricante e modelo, deve-se verificar se o ano de fabricação é o mesmo pois podem existir versões com características técnicas diferentes.

Para o armazenamento dos dados pode-se utilizar qualquer ferramenta que organize e permita visualização posterior. Mas, como na próxima etapa será necessária à manipulação desses dados de forma matemática e/ou estatística, recomenda-se a utilização de planilhas eletrônicas. O dado técnico de maior interesse para este trabalho é o consumo de energia elétrica do equipamento, informado em Watts (W) ou relação Volt/Ampér (VA).

Propõe-se iniciar a coleta de informações de forma individual conforme exemplificado na Tabela 3.

Tabela 3 – Modelo de planilha para levantamento de dados técnicos

Equipamento	Consumo Fabricante (Watts)				
	Fabricante	Modelo	Utilização	Espera	Hibernação
Monitor	AAA	AA	35	2	-
Computador de mesa	AAA	AA	250	175	2
Impressora	BBB	BB	700	-	4
Scanner	BBB	BB	150	-	1
Switch	CCC	CC	90	-	-

Fonte: Elaborado pelo autor (2013).

Os dados técnicos de consumo de energia elétrica especificados pelo fabricante são valores referenciais, obtidos em seus laboratórios em condições pré-determinadas. Ao instalar um equipamento em um local, mesmo com condições semelhantes e respeitando as orientações do fabricante. Pode-se encontrar valores diferentes, devido as características eletrônicas serem sensíveis ao meio onde estão instalados. Levantar os valores de consumo de energia com base no manual do fabricante, e depois levantar os dados de consumo de energia no local da instalação, permite aos técnicos detectar possíveis falhas na instalação elétrica, o que auxilia a preservação e vida útil dos mesmos.

Portanto, ao levantar os dados de consumo de energia elétrica é necessário fazer o levantamento utilizando-se também um wattímetro, para medição do consumo de energia elétrica nos diferentes modos de operação do equipamento. Os dados obtidos, podem ser armazenados utilizando o mesmo modelo proposto pela Tabela 3.

Antes de iniciar o procedimento de medição é necessário que se leia com atenção o manual do fabricante do wattímetro, e que as condições técnicas de segurança sejam respeitadas. Os computadores em particular são equipamentos que variam o consumo de energia de acordo com seu funcionamento (execução de programas), portanto, estabelecer um critério de tempo analisado é necessário antes de iniciar uma medição e respeitar esse critério para todos os computadores.

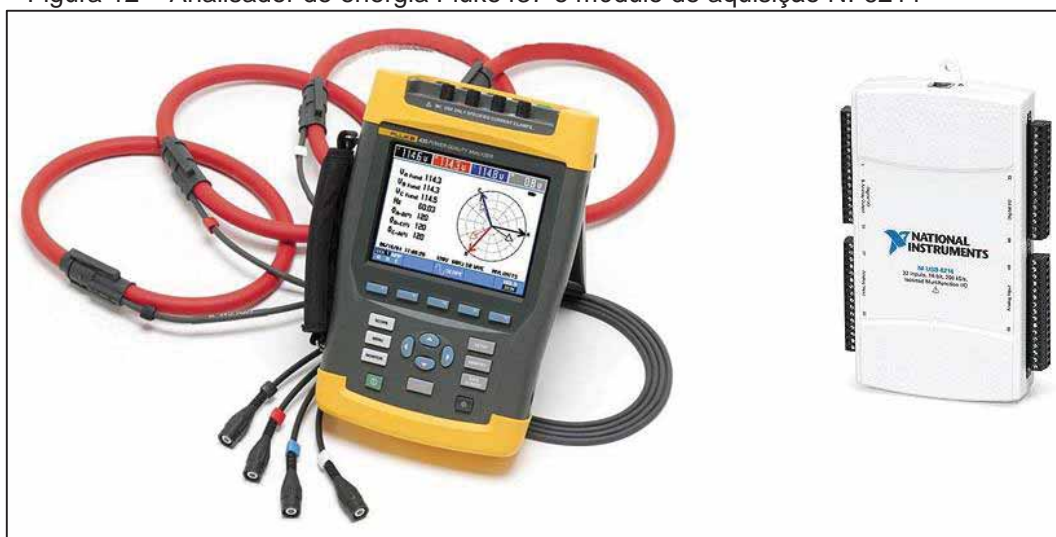
O wattímetro, tem aplicação para obter o consumo de energia individual dos equipamentos. Como o procedimento é elaborado para analisar um escopo, a realização da medição do consumo de energia desse grupo de computadores é necessária para comparar com os dados individualmente já levantados.

Para a medição do consumo de um escopo, deve-se utilizar qualquer instrumento dotado de armazenamento das potências instantâneas para obter a Demanda. Entre eles estão os:

- Analisadores de energia elétrica;
- Módulos de aquisição de dados;

A Figura 12 apresenta exemplos desses equipamentos.

Figura 12 – Analisador de energia Fluke437 e módulo de aquisição NI-6211



Fonte: Fluke (2013) e NI (2013).

Os analisadores de energia elétrica possuem uma memória para o armazenamento das medições realizadas, cada medição é um registro dentro de um arquivo armazenado nessa memória. Esse arquivo normalmente no formato texto (txt), pode ser exportado do analisador para um computador e transformado em uma planilha para facilitar o tratamento numérico. A Tabela 4 exemplifica parte do relatório de um analisador de energia elétrica.

Tabela 4 – Parte do relatório de um analisador de energia elétrica

<i>Date Time</i>	<i>V12</i>	<i>V23</i>	<i>V31</i>	<i>P1</i>	<i>P2</i>	<i>P3</i>	<i>WH</i>	<i>PFH</i>
2012/10/31 14:31:42	219.9	222.7	219.7	840.0	600.0	300.0	6.09 kWH	0.68
2012/10/31 14:46:42	219.4	222.3	218.8	880.0	600.0	300.0	6.53 kWH	0.68
2012/10/31 15:01:42	217.7	221.3	217.8	820.0	590.0	300.0	6.96 kWH	0.68
2012/10/31 15:16:42	220.0	221.6	219.5	850.0	500.0	110.0	7.32 kWH	0.68
2012/10/31 15:31:42	219.5	221.8	219.2	880.0	480.0	110.0	7.69 kWH	0.68
2012/10/31 15:46:42	220.1	222.3	218.5	840.0	470.0	110.0	8.05 kWH	0.68
2012/10/31 16:01:42	219.7	222.7	219.9	860.0	470.0	110.0	8.41 kWH	0.68
2012/10/31 16:16:42	221.7	222.5	220.6	840.0	470.0	110.0	8.76 kWH	0.68
2012/10/31 16:31:42	220.8	223.0	219.9	850.0	470.0	110.0	9.12 kWH	0.68

Fonte: Elaborado pelo autor (2013).

Na Tabela 4 a coluna WH refere-se ao consumo de Energia Total (ϵ_T) durante o intervalo de tempo (T) que foi estabelecido (normalmente 15 minutos). Para encontrar a D_m neste caso, aplica-se a equação abaixo.

$$D_m = \frac{\epsilon_{T(\text{Atual})} - \epsilon_{T(\text{Anterior})}}{T} \quad (3.1)$$

Por exemplo, para determinar a D_m do último registro da Tabela 4, aplicando o modelo proposto da equação 3.1:

$$D_m = \frac{9,12 \text{ kWh} - 8,76 \text{ kWh}}{15 \text{ minutos}} = \frac{9,12 - 8,76}{0,25} = 1,44 \text{ kW} \quad (3.2)$$

Portanto, para o último registro da Tabela 4 a D_m foi de 1,44kW. Repetindo o procedimento para os demais registros, obtêm-se a curva de carga do escopo analisado.

O consumo de energia elétrica dos equipamentos de TI possuem particularidades no que diz respeito ao modo de trabalho. O consumo em cada modo de operação será diferente, portanto, faz-se necessário registrar estes dados possibilitando análise conjunta aos dados de utilização, possibilitando obter o PCE caso exista.

O PCE existe quando o consumo de energia estimada é menor que a energia consumida pelo equipamento ou conjunto de equipamentos (escopo). A equação abaixo demonstra como identificar o PCE.

$$CE \sum_{i=1}^n < CM \sum_{i=1}^n \quad (3.3)$$

Onde:

- CE = consumo estimado;
- CM = consumo medido;
- $\sum_{i=1}^n$ = somatória do período analisado.

Se essa relação for verdadeira então:

$$PCE = 1 - \frac{CE \sum_{i=1}^n}{CM \sum_{i=1}^n} \quad (3.4)$$

O resultado será o percentual do PCE.

3.1.2 Dados de utilização

Os dados de utilização ou dados de usuários compreendem tudo o que se

refere a operação do equipamento, as rotinas administrativas de TI (atualizações de software) e as necessidades dos usuários. O levantamento desses dados determinam os períodos em que os equipamentos precisam estar em pleno funcionamento e os períodos em que esses podem ser colocados em um modo de economia de energia. Da mesma forma que os dados técnicos são armazenados, os dados de utilização podem ser armazenados em planilhas eletrônicas através da quantificação de cada característica levantada do escopo abrangido.

Os computadores dos usuários são equipamentos que apresentam o comportamento mais flutuante no que diz respeito a sua disponibilidade, variando essa característica de acordo com o ambiente que está instalado e o tipo de serviço que atende. Por exemplo, em um ambiente de um escritório administrativo a disponibilidade do recurso está adequada ao horário de trabalho, já em um laboratório de informática de uma instituição de ensino, os computadores podem ficar disponíveis o dia todo, mesmo quando não estão sendo utilizados, pois a disponibilidade está adequada ao horário de funcionamento da instituição.

O administrador de TI pode iniciar levantando os dados sobre os dias e horários de atualização de softwares que normalmente estão sob sua responsabilidade como: atualização de sistema operacional, atualização de software antivírus, entre outros.

O próximo passo é levantar os dados referente aos horários e dias de funcionamento que envolve tanto a instituição quanto os usuários como: dias úteis, horários, turnos de trabalho, entre outros.

Em um intervalo de tempo (uma hora ou um período do dia) deve-se anotar se o equipamento deve ou não permanecer ativo.

Para os computadores é necessário que se levante também o tempo máximo em que o computador deve permanecer ligado sem que haja qualquer operação ou atividade (tempo de ociosidade máxima).

A Tabela 5 exemplifica o levantamento de horários de utilização dos recursos de diferentes departamentos.

Tabela 5 – Modelo de planilha para levantamento de dados de utilização

Departamento A								Departamento B							
	Dom	Seg	Ter	Qua	Qui	Sex	Sáb		Dom	Seg	Ter	Qua	Qui	Sex	Sáb
00:00															
01:00															
02:00															
03:00															
04:00															
05:00															
06:00															
07:00															
08:00															
09:00															
10:00															
11:00															
12:00															
13:00															
14:00															
15:00															
16:00															
17:00															
18:00															
19:00															
20:00															
21:00															
22:00															
23:00															

Ligado	
Desligado	

Fonte: Elaborado pelo autor (2013).

3.2 Análise e simulação dos dados

Nesta etapa, os dados da etapa 3.1 do procedimento passarão por tratamento matemático com o objetivo de:

- Verificar o comportamento atual;
- Identificar o PCE;
- Definir recursos e ferramentas a serem implantados.

3.2.1 Verificação do comportamento atual

Para verificar o comportamento atual, a fase de análise inicia-se calculando a D_M do escopo definido, dessa forma, será possível determinar qual será o máximo

consumo de energia em determinado horário do escopo analisado. Para isso, os dados da planilha de consumo de energia dos equipamentos obtido com wattímetro (Tabela 3), são unidos com os dados dos horários de utilização (Tabela 5) para criação de uma nova planilha que armazenará os dados de D_M .

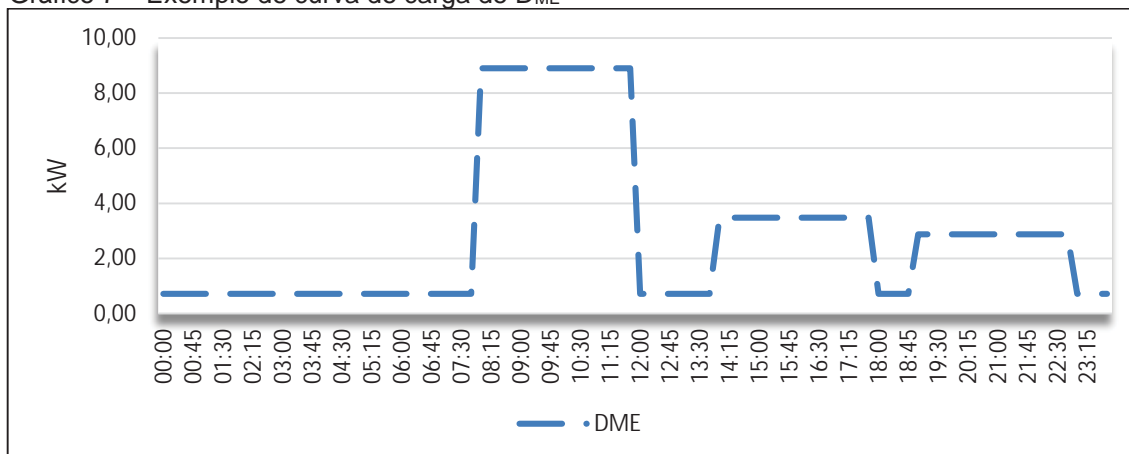
Para realizar o cálculo, deve-se considerar o consumo do equipamento em relação ao horário (ou período) de utilização. Para horários sem utilização, considerar o consumo de energia do equipamento nos modos de menor consumo de energia (espera ou hibernação). Para os horários com utilização, deve-se considerar o consumo de energia do equipamento em utilização.

Para realizar o cálculo deve-se:

- Verificar no horário se há ou não utilização do equipamento (Tabela 5);
- Multiplicar consumo do horário de utilização, pela quantidade de equipamentos (Tabela 3);
- Repetir a operação até abranger todo o escopo nesse horário;
- Totalizar o valor desse horário;
- Adicionar a linha desse horário em uma coluna denominada Demanda Máxima Estimada (D_{ME}) com o valor obtido.

Portanto, o cálculo da D_{ME} deve ser realizado para cada horário, havendo ou não utilização dos equipamentos. Com isso obtêm-se a curva de carga D_{ME} do período analisado para o escopo. O Gráfico 7 exemplifica uma curva de carga de uma D_{ME} hipotética.

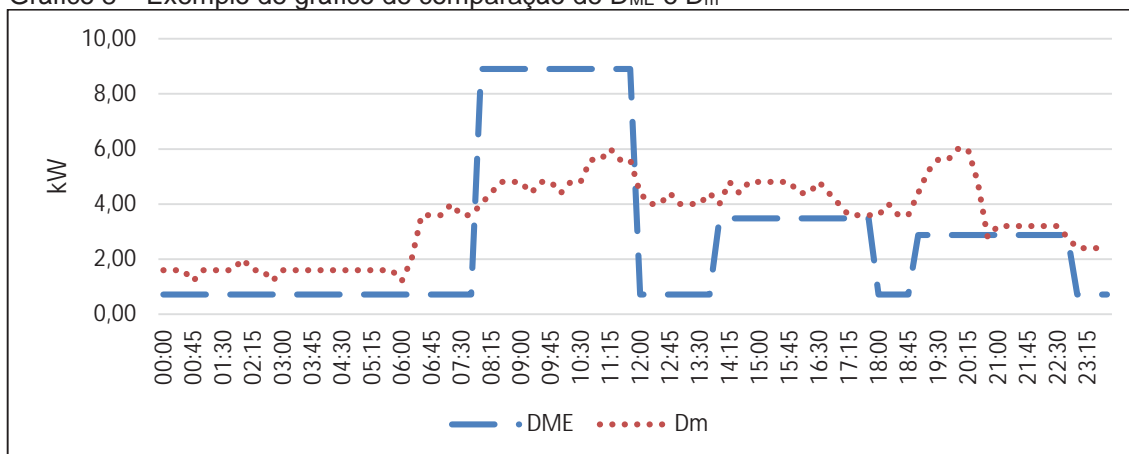
Gráfico 7 – Exemplo de curva de carga de D_{ME}



Fonte: Elaborado pelo autor (2013).

Adicionados os dados de D_m do escopo obtida através do levantamento proposto no item 3.1.1 deste trabalho, realiza-se a comparação entre a D_{ME} e D_m do escopo analisado. O Gráfico 8 exemplifica essa hipotética comparação.

Gráfico 8 – Exemplo de gráfico de comparação de D_{ME} e D_m



Fonte: Elaborado pelo autor (2013).

A fase de identificação do comportamento do escopo analisado encerra-se com a comparação D_{ME} e D_m dando início a fase de identificação do PCE.

3.2.2 Identificação do potencial de conservação de energia

Inicia-se a identificação do PCE com a aplicação da equação 3.3. Para a exemplificação, será utilizado os seguintes valores hipotéticos:

- $CE = 278,41\text{kW}$;
- $CM = 335,60\text{kW}$.

Aplicando a equação com os valores:

$$CE \sum_1^1 = 278,41\text{kW} < CM \sum_1^1 = 335,60\text{kW} \quad (3.5)$$

Existe PCE, portanto, aplica-se a equação 3.4:

$$PCE = 1 - \frac{CE}{CM} = 1 - \frac{278,41\text{kW}}{335,60\text{kW}} = 0,17 = 17\% \quad (3.6)$$

Identificado o PCE, determina-se em valores reais (R\$) a economia esperada. Para obter esse valor é necessário levantar o custo da energia elétrica em

unidades de kWh, esse valor, pode ser encontrado em uma conta de energia elétrica. O valor unitário do kWh deve ser multiplicado ao CM para encontrar o custo total a energia (CT). Baseado na tarifa média praticada no mercado em 2013 de R\$ 0,30 o kWh, temos o CT de:

$$CT = \sum_{i=1}^n CM * R\$kWH = 335,60 * 0,3 = R\$ 100,68 \quad (3.7)$$

Para este exemplo, a economia esperada é no mínimo de R\$ 100,68. Esse valor deve ser utilizado para o cálculo de retorno sobre o investimento (ROI). Encerrada a identificação de PCE, dá-se início a fase de identificação das deficiências e definição dos recursos e ferramentas a serem implantados.

3.2.3 Definição de recursos e ferramentas a serem implantadas

A implantação de recursos de gerenciamento de energia depende das características dos equipamentos. Para buscar a melhor opção aos equipamentos que estão sendo analisados, deve-se levantar as características de hardware e software que estejam envolvidas com o consumo de energia do equipamento. Também é necessário identificar as deficiências, seja de configuração, ou do sistema como um todo, para definir as ações e as tecnologias disponíveis para resolver a deficiência. O Quadro 1 foi elaborado para reunir as informações necessárias para facilitar o processo de tomada de decisão.

Quadro 1 – Modelo para levantamento de deficiências, ações necessárias e tecnologias disponíveis

Características:	Sistema Operacional (Anotar todos os sistemas operacionais do escopo analisado)	Infraestrutura de rede (Informações sobre características da rede física e lógica e serviços da rede)
Deficiência (Descrever as deficiências, tais como: tela de descanso não configurada, monitores não desligam, etc)	Ação necessária (Descrever as ações necessárias, tais como: ativar o recurso)	Ferramentas disponíveis Livres: (Quais ferramentas estão disponíveis de código livre ou que já fazem parte do sistema) Proprietárias: (Quais vantagens de utilizar uma ferramenta proprietária)

Fonte: Elaborado pelo autor (2013).

Após a análise dos dados levantados pelo Quadro 1, deve-se elaborar o resumo de vantagens e dificuldades, proposto no Quadro 2.

Quadro 2 – Modelo de resumo das vantagens e dificuldades das ferramentas de softwares

Ferramentas de Software	Vantagens	Dificuldades
Livres	Descrever as vantagens de se utilizar softwares livres	Descrever as dificuldades de se utilizar softwares livres
Proprietárias	Descrever as vantagens de se utilizar softwares proprietários	Descrever as dificuldades de se utilizar softwares proprietários

Fonte: Elaborado pelo autor (2013).

Após a análise e discussão do Quadro 2, pode-se chegar a uma ou várias soluções possíveis e independentemente de uma solução com software livre ou proprietário, qualquer implantação de tecnologia terá um custo. Esse custo deve ser mensurado para determinar o ROI (obtido com a aplicação da equação 2.3) de cada alternativa.

Elaborar uma tabela para comparar os custos das alternativas pode auxiliar a tomada de decisão. A Tabela 6 apresenta uma comparação de alternativas hipotéticas.

Tabela 6 – Modelo para comparação dos custos de implantação

Alternativa	Solução	Custo Total	ROI
A	Proprietária	R\$ 4.000,00	5,3 Meses
B	Livre	R\$ 2.200,00	7,2 Meses

Fonte: Elaborado pelo autor (2013).

Finalizada a fase de levantamento de custos e definição de recursos, inicia-se a fase de implantação dos mesmos.

3.3 Implantação dos recursos e verificação dos resultados

As alternativas listadas na revisão de literatura deste trabalho, estão balizadas nas recomendações da campanha *Low Carbon IT* do Energy Star (2012a), estudos de caso ali disponíveis ou ferramentas de software proprietárias.

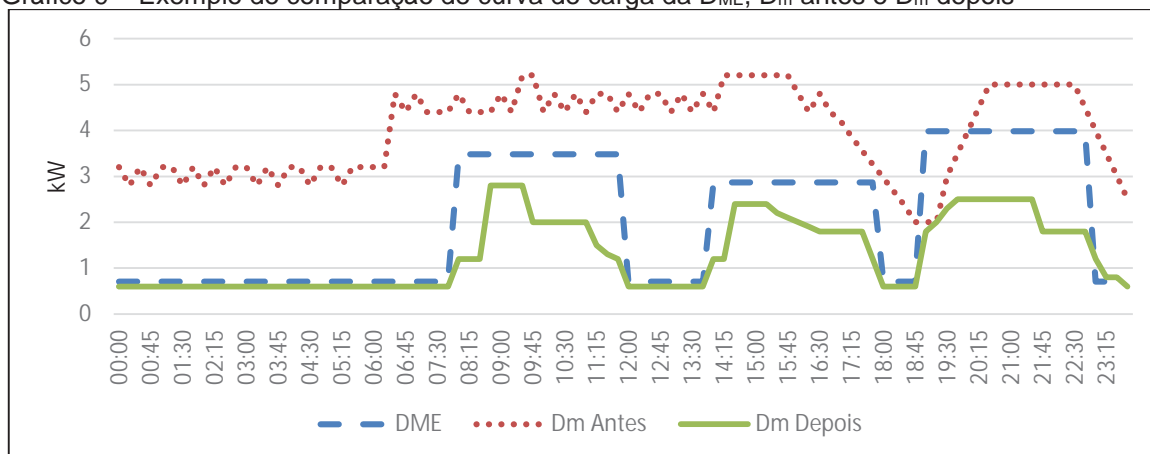
Como apresentado no Quadro 2, as ferramentas de software livre ou proprietárias vão apresentar vantagens e dificuldades em função da sua aplicação,

mas, se implantadas seguindo as recomendações técnicas da alternativa escolhida, o resultado deverá ser um valor igual ou maior que o PCE identificado na equação 3.6.

Após a implantação das ferramentas e recursos de gerenciamento de energia é necessário um novo levantamento de dados de D_m do escopo, para comparar com os dados antes da implantação dos recursos. Com isso, é possível determinar se as ferramentas e recursos de gerenciamento implantados alcançaram seu objetivo com base no PCE encontrado.

O procedimento de medição segue o mesmo padrão adotado do item 3.1.1 e deve ser realizado no mesmo ponto de medição, com o mesmo equipamento utilizado anteriormente. Os dados dessa D_m formam uma nova coluna na planilha de dados já existente que contém a D_{ME} e D_m antes da implantação, com isso, obtém-se as curvas de carga das Demandas e a comparação entre elas. O Gráfico 9 apresenta um exemplo dessa comparação hipotética.

Gráfico 9 – Exemplo de comparação de curva de carga da D_{ME} , D_m antes e D_m depois



Fonte: Elaborado pelo autor (2013).

Recalculado o PCE, obtém-se uma resposta se houve ou não o retorno esperado. Deve-se seguir o mesmo procedimento para recalculer o ROI com o novo dado de consumo medido.

3.4 Resumo do capítulo

Neste capítulo foi apresentado um procedimento para a implantação dos recursos de gerenciamento e controle de energia em computadores de uma LAN. O procedimento foi elaborado para ser aplicado em três etapas: levantamento de dados, análise e simulação dos dados, e implantação dos recursos e verificação dos

resultados. O procedimento foi elaborado com base na revisão de literatura de eficiência energética, onde as etapas do procedimento, coincidem com as etapas de um diagnóstico energético (Figura 1). Dessa revisão utilizou-se as técnicas e os métodos para levantamento de informações, aquisição de dados com instrumentos, quantificação do consumo de energia e análise dos dados com planilhas. Também como base, a revisão de literatura de TI Verde, que forneceu as técnicas e princípios para identificação de desperdícios de energia, verificação dos custos envolvidos, identificação das deficiências e soluções disponíveis atualmente.

A seguir, o procedimento elaborado neste capítulo será aplicado a um contexto real, para verificação de sua viabilidade e validação.

4 VIABILIDADE E VALIDAÇÃO DO PROCEDIMENTO

O campus de Bauru da UNESP conta com três unidades universitárias: Faculdade de Arquitetura Artes e Comunicação (FAAC), Faculdade de Ciências (FC) e Faculdade de Engenharia (FE). As três unidades atendem a mais de 4.700 alunos em seus cursos de graduação, pós-graduação e extensão. O campus está instalado em aproximadamente 4.598.000 m², com mais de 35.000 m² de salas de aula, laboratórios, biblioteca e administração. Sua infraestrutura de TI dispõe de aproximadamente 710 computadores para fins administrativos e aproximadamente 1530 computadores para fins educacionais, todos esses, com os demais equipamentos que compõem essa infraestrutura formam a *Campus Area Network* (CAN) da UNESP de Bauru.

4.1 Levantamento dos dados

Para demonstrar a viabilidade e validação do procedimento do capítulo 3, o escopo foi definido para três laboratórios didáticos de informática (LDI). Esses laboratórios didáticos estão localizados no prédio do Serviço Técnico de Informática (STI) e fazem parte dos laboratórios de informática da FE. A Figura 13 apresenta o prédio dos laboratórios escolhidos para a aplicação do procedimento.

Figura 13 – Prédio do Serviço Técnico de Informática e dos laboratórios de informática

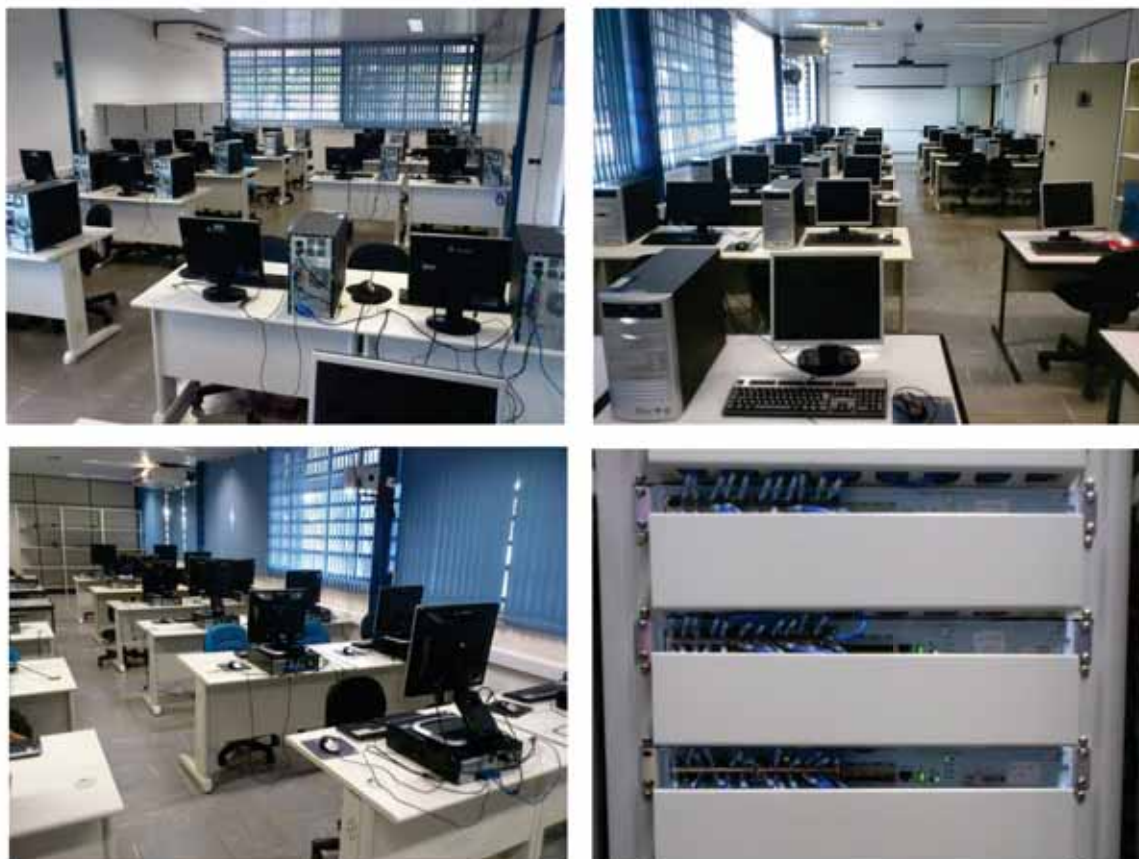


Fonte: Elaborado pelo autor (2013).

Os laboratórios escolhidos são denominados como LDI12, LDI14 e LDI18.

O layout, a composição desses laboratórios e uma vista frontal do armário de telecomunicações do escopo escolhido podem ser observados na Figura 14.

Figura 14 – Laboratórios didáticos de informática do STI da FE



Fonte: Elaborado pelo autor (2013).

A Tabela 7 apresenta a infraestrutura e os equipamentos que compõe cada laboratório.

Tabela 7 – Infraestrutura dos laboratórios didáticos de informática

Sala	Área (m²)	Capacidade Máxima de Usuários	Capacidade de refrigeração	Computador	Impressora	Projetor multimídia
LDI 12	56	44	60.000	23	1	1
LDI 14	75	52	60.000	27	1	1
LDI 18	75	48	60.000	25	1	1

Fonte: Elaborado pelo autor (2013).

4.1.1 Levantamento dos dados técnicos

Segundo o procedimento, a fase de levantamento de dados técnicos inicia-se com a pesquisa aos manuais técnicos dos fabricantes das dados de consumo de

cada equipamento do escopo definido. Esses manuais estão no ANEXO B deste trabalho. Como o escopo definido de aplicação do procedimento abrange três salas distintas, a coluna “Sala” foi acrescentada na planilha modelo de levantamento de dados técnicos do fabricante (modelo proposto na Tabela 3). Com base nos dados dos manuais dos equipamentos o resultado desse levantamento está apresentado na Tabela 8.

Tabela 8 – Dados técnicos dos manuais dos fabricantes

Sala	Equipamento	Quantidade	Fabricante	Modelo	Consumo Fabricante (Watts)*		
					Utilização	Espera	Hibernação
LDI 12	Monitor	22	Itautec	L1753T-SF	35	1	-
LDI 12	Computador	22	Itautec	SM 3320	-	-	-
LDI 12	Impressora Laser	1	HP	P3005n	600	9	8,5
LDI 14	Monitor	26	Itautec	L1753T-SF	35	1	-
LDI 14	Computador	26	Itautec	SM 3320	-	-	-
LDI 14	Impressora Laser	1	HP	P3005n	600	9	8,5
LDI 18	Monitor	24	HP	LA 1951g	21	<1	-
LDI 18	Computador	24	HP	6005Pro SFF	-	-	-
LDI 18	Impressora Laser	1	HP	P3005n	600	9	8,5
Telecom	Switch	7	3COM	4500G	455	-	-

* Valores médios

Fonte: Elaborado pelo autor (2013).

Observou-se que algumas informações como o consumo de energia elétrica dos computadores em funcionamento, espera ou hibernação não são fornecidas pelos manuais dos fabricantes dos equipamentos analisados. Os dados de consumo em modos de espera ou hibernação não são aplicáveis para os *switch*’s, pois, esses equipamentos permanecem ligados constantemente. Para os monitores, o modo de espera e hibernação são equivalentes.

Para o levantamento do consumo real de energia elétrica usando wattímetro, foi utilizado o medidor do fabricante JNX Industries modelo 2000A. Esse equipamento permite a visualização das grandezas elétricas de tensão, corrente e potência, o que o caracteriza como um medidor de consumo de energia elétrica. Para seu funcionamento, ele precisa ser instalado em série com o equipamento a ser medido, portanto, o procedimento de instalação é: 1) desligar o equipamento; 2) retirar o equipamento da tomada; 3) instalar o medidor na tomada e 4) ligar o equipamento na tomada do medidor e ligá-lo.

Duas características definiram a escolha desse medidor de consumo:

- Preservação do ambiente e as características da infraestrutura de

instalação elétrica;

- Facilidade da leitura e aquisição dos dados de consumo dos equipamentos.

Como critério, os equipamentos ficaram ligados no medidor por 5 minutos antes do início das leituras que foram registradas. A Figura 15 apresenta o medidor de consumo e uma leitura sendo realizada.

Figura 15 – Medidor de consumo de energia JNX-2000



Fonte: Elaborado pelo autor (2013).

Os dados coletados pelo medidor (modelo proposto na Tabela 3) estão apresentados na Tabela 9, que será utilizada para estabelecer a D_{ME} .

Tabela 9 – Dados técnicos obtidos através de medição no local

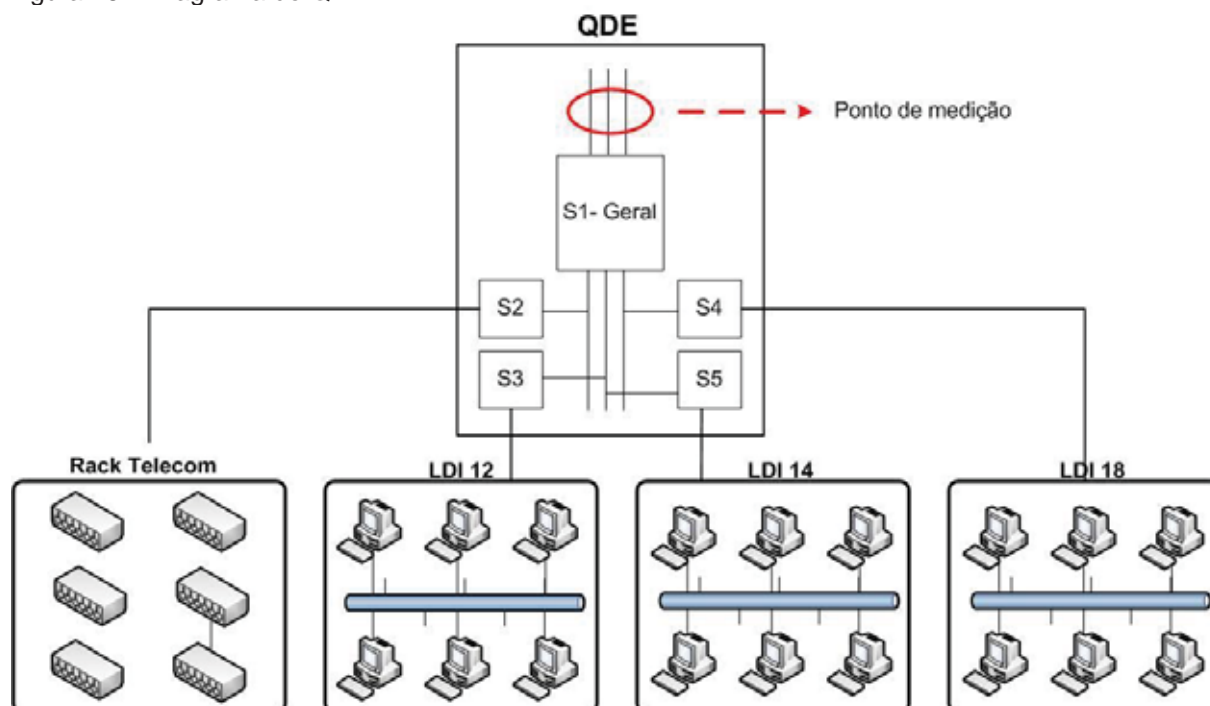
Sala	Equipamento	Quantidade	Fabricante	Modelo	Consumo Medido (Watts)*		
					Utilização	Espera	Hibernação
LDI 12	Monitor	22	Itautec	L1753T-SF	25,5	0,6	–
LDI 12	Computador	22	Itautec	SM 3320	105	5,6	4,1
LDI 12	Impressora Laser	1	HP	P3005n	850	7,4	7,2
LDI 14	Monitor	26	Itautec	L1753T-SF	25,5	0,6	–
LDI 14	Computador	26	Itautec	SM 3320	105	5,6	4,1
LDI 14	Impressora Laser	1	HP	P3005n	850	7,4	7,2
LDI 18	Monitor	24	HP	LA 1951g	22,5	0,4	-
LDI 18	Computador	24	HP	6005Pro SFF	68,5	2,5	0,7
LDI 18	Impressora Laser	1	HP	P3005n	850	7,4	7,2
Rack	Switch	7	3COM	4500G	62,8	-	-

* Valores instantâneos

Fonte: Elaborado pelo autor (2013).

O levantamento da D_m do escopo foi realizado no quadro de distribuição elétrica (QDE) que fica localizado na sala de telecomunicações. O QDE é constituído de um circuito de distribuição geral (S1) e por subcircuitos (S2 à S5) que fornecem a energia elétrica para os três laboratórios. O diagrama de distribuição da energia elétrica pode ser observado no diagrama da Figura 16.

Figura 16 – Diagrama do QDE



Fonte: Elaborado pelo autor (2013).

O ponto de medição é o circuito de distribuição geral (S1) conforme pode ser observado na Figura 16. Dessa forma, a medição representa o consumo de energia elétrica dos três laboratórios. Para essa medição o instrumento utilizado foi o analisador de energia do fabricante INSTRUTHERM modelo AE-200 conforme apresentada na Figura 17.

O AE-200 faz análise de sistemas elétricos monofásicos, bifásicos e trifásicos. Ele permite a visualização e registro das grandezas elétricas de tensão, corrente, potência (ativa, aparente, reativa), distorção harmônica, demanda (média e máxima) entre outras funções.

Figura 17 – Analisador de energia INSTRUTHERM modelo AE-200



Fonte: Instrutherm (2013).

Para as medições realizadas, o AE-200 foi instalado seguindo as instruções de operação do seu manual de operação na página 9 no item “Qualidade de energia de sistema trifásico de 3 fases e 4 fios” (ANEXO C). A instalação do instrumento é apresentada na Figura 18.

Figura 18 – Instalação do AE-200 no circuito S1



Fonte: Elaborado pelo autor (2013).

Foram feitos 672 registros pelo analisador em um período de 7 dias consecutivos, com intervalos de 15 minutos. Os dados gerais desse levantamento foram denominados “Apêndice A”.

Aplicando a equação 3.1 nos dados de ε_T obteve-se a D_m que será utilizada na elaboração das curvas de carga.

4.1.2 Levantamento dos dados de utilização

Os laboratórios LDI12, LDI14 e LDI18 são destinados aos cursos de graduação e pós-graduação da FE, podendo em algumas ocasiões serem utilizados em treinamentos e cursos de curta duração. Sua disponibilidade de horários e dias de funcionamento estão diretamente ligados, ao calendário acadêmico da instituição e são organizados, através de uma grade horária de utilização semanal.

O departamento acadêmico semestralmente organiza essa utilização entre as disciplinas que utilizam os recursos dos LDI's. O STI da FE, também agenda a utilização dos LDI's nos horários que existe disponibilidade, e administra a infraestrutura de TI de forma preventiva e corretiva com sua equipe técnica de suporte.

O administrador de TI dos LDI's, em entrevista não estruturada, informou que os laboratórios possuem rotina de atualização de softwares feita em dia e horário sem utilização, e que essa rotina, é adequada semestralmente de acordo com os períodos de utilização. Ele também informou:

- O tempo de ociosidade máxima do computador é de 30 minutos, mas que não é possível informar se todos os computadores atualmente estão com o recurso ativado;
- As impressoras ficam disponíveis nos laboratórios, mas, essas permanecem a maior parte do tempo sem uso ou desligadas.
- Alguns docentes que utilizam os LDI's, relatam que ao chegar encontram computadores e monitores que foram deixados ligados pelos usuários anteriores.

Foi solicitado ao STI os horários de funcionamento dos LDI's com os horários de utilização. Com esses dados, a planilha modelo proposta na Tabela 5 foi preenchida. O resultado é apresentado na Tabela 10.

Tabela 10 – Levantamento de horários de utilização dos LDI's do segundo semestre de 2012

LDI 12										LDI 14										LDI 18									
	Dom	Seg	Ter	Qua	Qui	Sex	Sáb			Dom	Seg	Ter	Qua	Qui	Sex	Sáb				Dom	Seg	Ter	Qua	Qui	Sex	Sáb			
00:00																													
01:00																													
02:00																													
03:00																													
04:00																													
05:00																													
06:00																													
07:00																													
08:00																													
09:00																													
10:00																													
11:00																													
12:00																													
13:00																													
14:00																													
15:00																													
16:00																													
17:00																													
18:00																													
19:00																													
20:00																													
21:00																													
22:00																													
23:00																													

Ligado
Desligado

Fonte: Elaborado pelo autor (2013).

4.2 Análise e simulação dos dados levantados

A fase de análise segue o modelo proposto no item 3.2 deste trabalho.

4.2.1 Verificação do comportamento atual

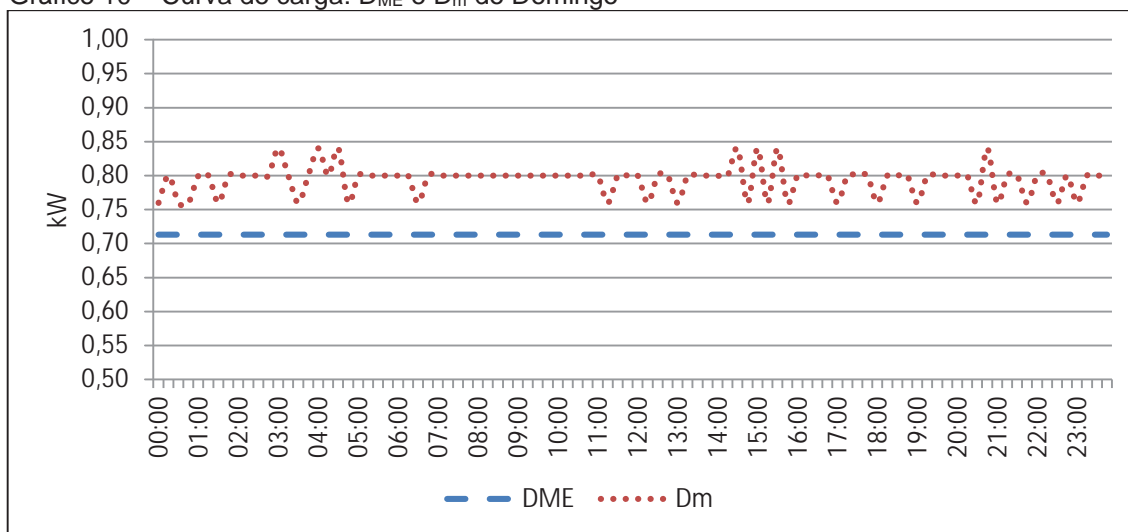
A verificação do comportamento atual iniciou-se com a união dos dados da planilha de consumo de energia dos laboratórios (Tabela 9), com os horários de utilização dos laboratórios (Tabela 10), conforme proposto no item 3.2.1 deste trabalho para se obter a D_{ME} . Para os cálculos, foi considerado o consumo dos equipamentos:

- Horário sem utilização – consumo em hibernação ou espera;
- Horário com utilização – consumo em utilização (menos para impressora).

O cálculo da D_{ME} é apresentado no Apêndice B.

Coincidindo os horários dos dados da D_m e D_{ME} pode-se comparar as curvas de carga das Demandas. Os dados dessa comparação estão apresentados no Apêndice C. Os gráficos de 10 a 16, apresentam as curvas de carga.

Gráfico 10 – Curva de carga: D_{ME} e D_m do Domingo

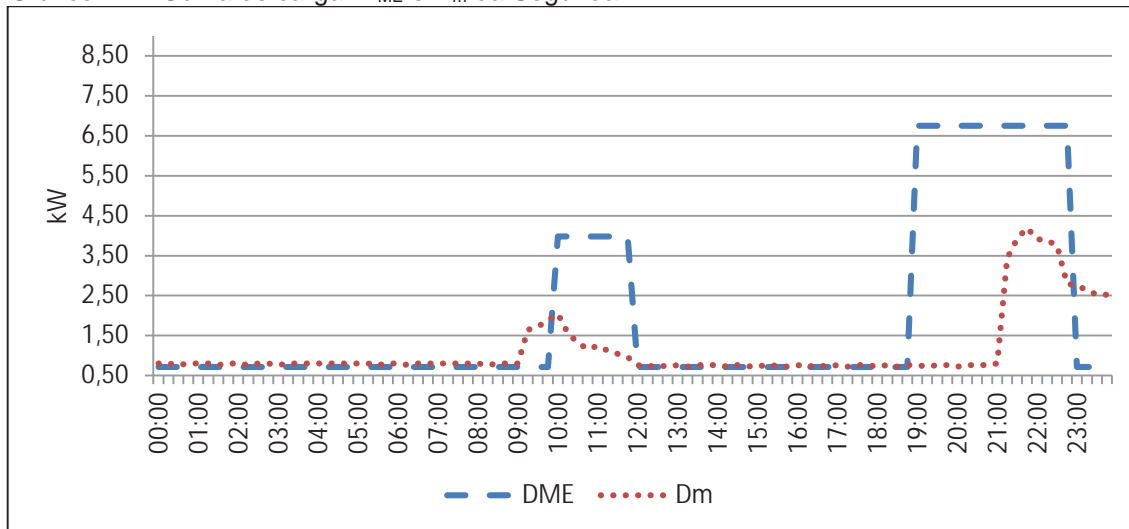


Fonte: Elaborado pelo autor (2013).

O Gráfico 10 difere os demais gráficos no eixo Y. A escala varia de 0,5 a 1kW para demonstrar a diferença entre as demandas. De acordo com os períodos de utilização (Tabela 10), no domingo os laboratórios não estão em utilização, mas, o

Gráfico 10 demonstra em todo o período que o consumo medido é superior em média 10% ao estimado.

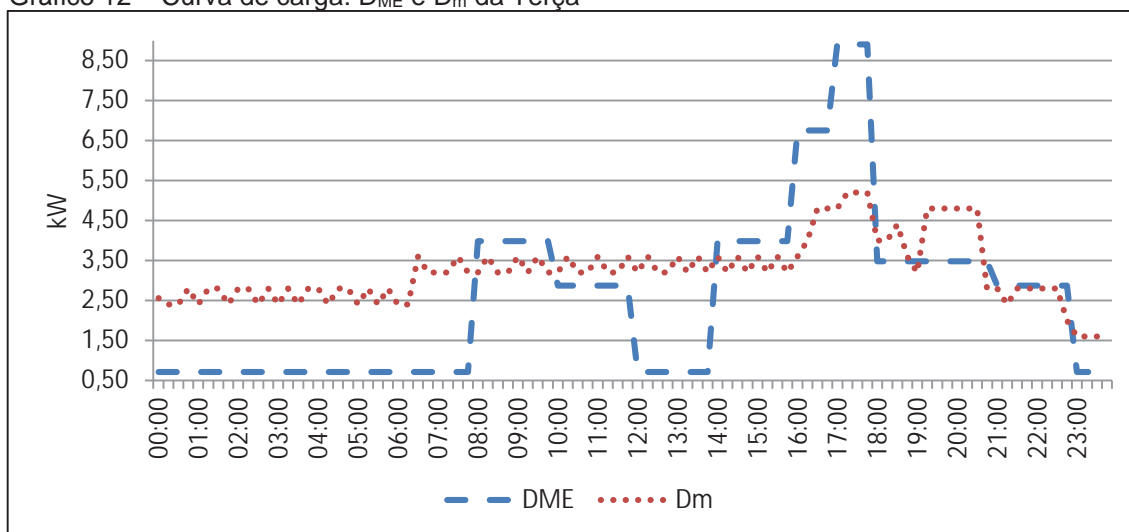
Gráfico 11 – Curva de carga: D_{ME} e D_m da Segunda



Fonte: Elaborado pelo autor (2013).

Os períodos de utilização da segunda apresentam o LDI 14 em utilização das 10h às 12h. E os LDI's 12 e LDI 14 das 19h às 23h. A curva de carga D_m acompanhou em parte o comportamento da D_{ME} , indicando que houve consumo nos horários que estavam previstos. O Gráfico 11 mostra que a partir das 22h houve queda no consumo de energia, mas, ainda ficando acima do estimado entre 23h e 0h.

Gráfico 12 – Curva de carga: D_{ME} e D_m da Terça

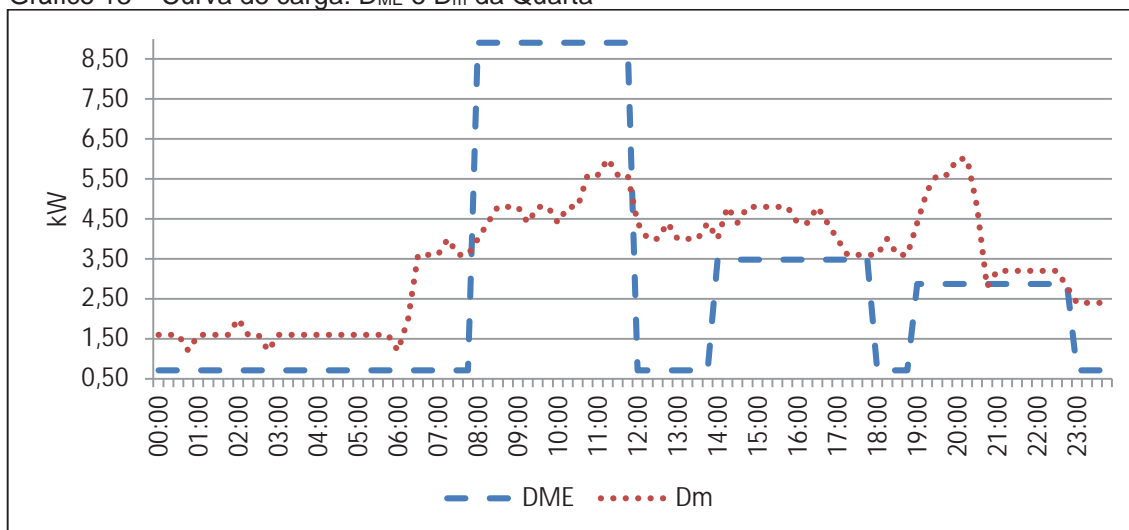


Fonte: Elaborado pelo autor (2013).

Os períodos de utilização da terça apresentam todos LDI's em utilização

(exceto das 0h às 6h). O Gráfico 12 apresenta o consumo medido em torno de 2,7kW das 0h às 8h, indicando que a energia consumida do dia anterior permaneceu constante. As curvas de carga na maior parte do período também não coincidiram.

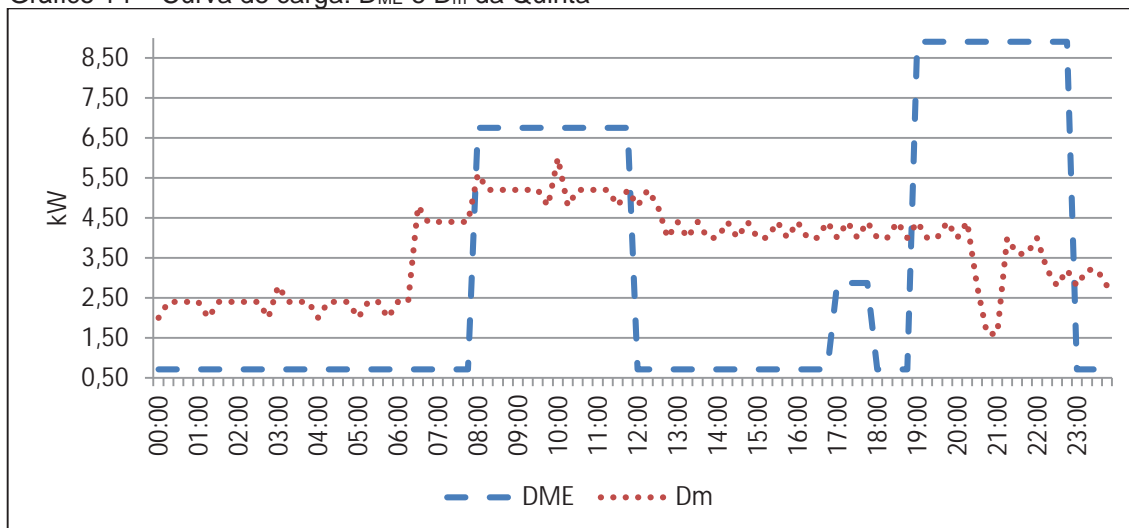
Gráfico 13 – Curva de carga: DME e D_m da Quarta



Fonte: Elaborado pelo autor (2013).

Os períodos de utilização da quarta apresentam todos LDI's em utilização (exceto das 0h às 6h). O Gráfico 13 também apresenta consumo medido das 0h às 8h acima do estimado. Nesse dia, as curvas de carga coincidem em alguns horários, mas nos intervalos de 12h às 14h e 18h as 19h, não houve redução do consumo de energia conforme a curva DME. No período entre 23h e 0h o consumo diminui até 2,4kW mas, acima dos 0,7kW estimados.

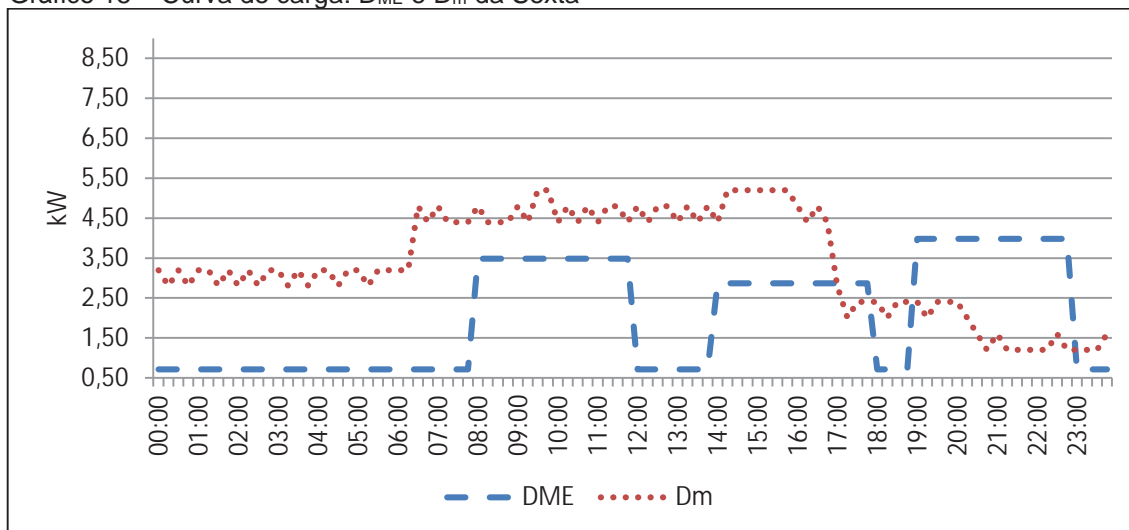
Gráfico 14 – Curva de carga: DME e D_m da Quinta



Fonte: Elaborado pelo autor (2013).

Os períodos de utilização da quinta apresentam todos LDI's em utilização (exceto das 0h às 6h) como no dia anterior. O Gráfico 14 também apresenta o mesmo comportamento da terça e quarta, com consumo medido acima do estimado entre 0h e 8h. Nesse dia, entre 12h e 17h, a curva de carga D_m permanece em média 4kW.

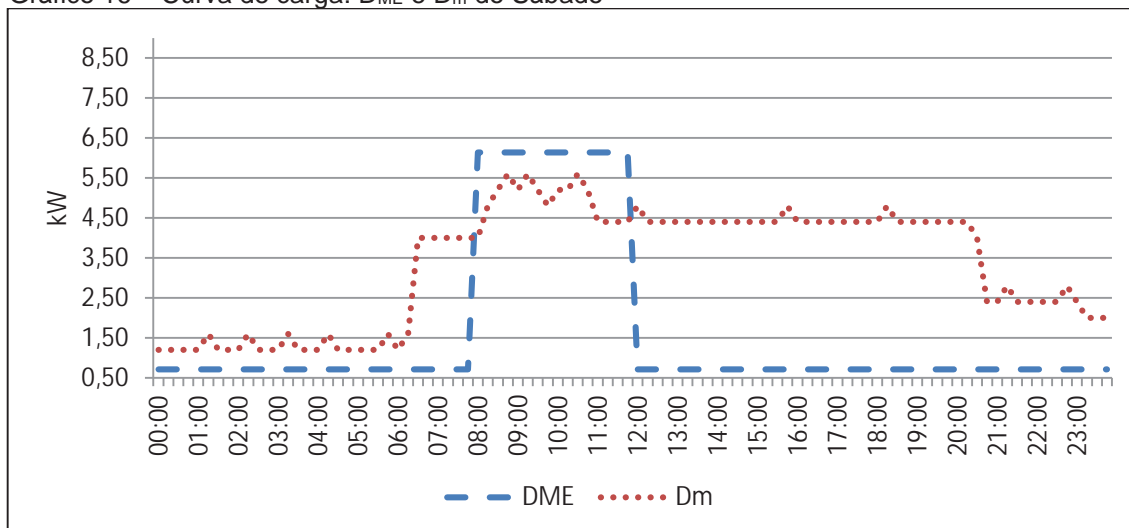
Gráfico 15 – Curva de carga: D_{ME} e D_m da Sexta



Fonte: Elaborado pelo autor (2013).

Os períodos de utilização da sexta apresentam todos LDI's em utilização (exceto das 0h às 6h). O Gráfico 15 apresenta o maior consumo medido acima do estimado entre 0h e 8h, em média 3kW. Nesse dia, a partir das 7h o consumo medido permaneceu acima do estimado até às 17h. Após esse horário houve diminuição, e permaneceu em média 2kW.

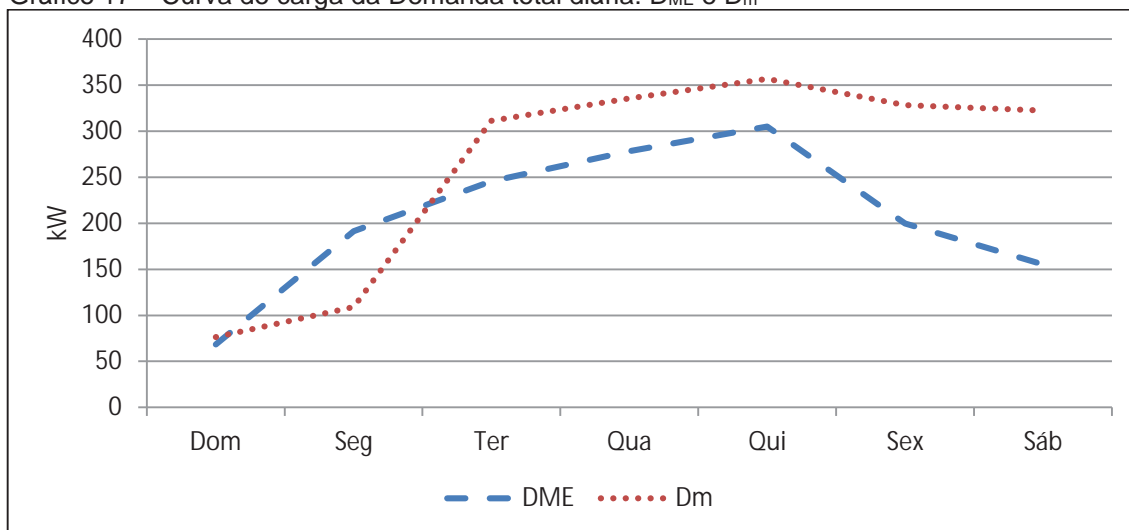
Gráfico 16 – Curva de carga: D_{ME} e D_m do Sábado



Fonte: Elaborado pelo autor (2013).

No sábado o LDI 14 e LDI 18 possuem utilização entre 8h e 12h. O Gráfico 16 apresenta coincidência das curvas nesse período, mas, nos demais horários, a curva de carga D_m é superior à D_{ME} .

Gráfico 17 – Curva de carga da Demanda total diária: D_{ME} e D_m



Fonte: Elaborado pelo autor (2013).

O Gráfico 17 apresenta a demanda total D_{ME} e D_m por dia. Observa-se em todos os dias a D_m superior a D_{ME} , com exceção da segunda. A desativação dos recursos de gerenciamento de energia pode ser a causa desse comportamento observado no gráfico.

Portanto, observando os comportamentos das curvas de carga dos gráficos, pode-se concluir que:

- O consumo medido é superior ao consumo estimado, conforme pode ser observado em todo período do Gráfico 10 e a maior parte dos demais períodos nos gráficos de 11 a 16;
- Nos gráficos de 11 a 16, o consumo medido entre 0h e 6h é superior ao estimado, o que pode indicar que os computadores estão permanecendo em modo de operação “utilização” durante esse período ocioso;
- Nos intervalos de períodos (12h às 14h e 18 às 19h) o consumo medido é constante como mostram os gráficos de 12 a 14. O que pode indicar falta de ativação dos recursos de gerenciamento de energia.

4.2.2 Identificação do potencial de economia

Inicia-se a fase de identificação do PCE aplicando as equações propostas no item 3.2.2 deste trabalho, com dos dados obtidos nos levantamentos. Iniciando pela equação de identificação do PCE abaixo:

$$\mathbf{CE \sum_1^7 = 1443,36kW < CM \sum_1^7 = 1839,76kW} \quad (4.1)$$

A relação é verdadeira, portanto:

$$\mathbf{PCE = 1 - \frac{CE}{CM} = 1 - \frac{1443,36kW}{1839,76kW} = 0,215 = 21,5\%} \quad (4.2)$$

Conclui-se, portanto, que nas condições atuais os LDI's têm um PCE de 21,5%. Para identificar o custo total em Reais da energia elétrica consumida, aplica-se o modelo proposto pela equação 3.7.

$$\mathbf{CT = 1839,76 * 0,261 = R\$ 480,18} \quad (4.3)$$

O valor do kWh foi obtido de uma conta de energia elétrica do campus da UNESP de Bauru (ANEXO D).

Portanto o custo total para o período estabelecido é de R\$ 480,18. Aplicando o PCE identificado de 21,5%, na equação abaixo, obtém-se o PCE em Reais para o período estabelecido.

$$\mathbf{PCE_{R\$} = CT * PEE_{\%} = 480,18 * 0,215 = R\$ 103,24} \quad (4.4)$$

O PCE para o período estabelecido (uma semana) é de R\$ 103,24. Em termos de investimento o PCE deve ser considerado mensalmente, portanto, considerando um período médio de leitura de 28 dias, pode-se dizer que em um mês a economia em Reais é de:

$$\mathbf{PCE_{Mês} = 103,24 * 4 = R\$ 412,96} \quad (4.5)$$

Portanto o PCE mensal representa uma economia de R\$ 412,96 que

podem ser aplicados em tecnologia para redução de custos.

4.2.3 Definição de recursos e ferramentas a serem implantadas

Após entrevista com o administrador dos LDI's e apresentação dos resultados obtidos, foram listadas as deficiências conforme modelo proposto no Quadro 1. O Quadro 3 apresenta um resumo com base nas características dos computadores e a infraestrutura da rede do escopo analisado.

Quadro 3 – Resumo das deficiências encontradas e ações a serem tomadas

Características:		Sistema Operacional Microsoft Windows Vista/7	Infraestrutura de rede Controlador de domínio / Linux
Deficiência	Ação necessária	Ferramentas disponíveis	
Ativação dos recursos de economia de energia (tela descanso, hibernação, desligamento)	Ativar recursos no sistema operacional	Livres: gerenciamento de energia do sistema operacional. Proprietárias: ativação feita pelo servidor.	
Configuração dos recursos de economia de energia (tela descanso, hibernação, desligamento)	Ativar recursos no sistema operacional	Livres: localmente no gerenciamento de energia ou remotamente por aplicação de política de grupo. Proprietárias: configuração feita pelo servidor.	
Agendar desligamento após as 23hs	Agendar desligamento diário	Livres: <i>script</i> de desligamento agendado. Proprietárias: agendamento da tarefa feita pelo servidor.	
Atualização dos softwares e sistema operacional	Ligar os computadores e executar as tarefas de atualização. Após atualização desligar os computadores	Livres: ligar computadores local ou remotamente pelo <i>wake on lan</i> . Realizar tarefas no desktop ou remotamente por conexão <i>remote desktop protocol</i> . Desligar manualmente ou remotamente por <i>scrip</i> t. Proprietárias: agendamento e configuração da tarefa feita pelo servidor.	

Fonte: Elaborado pelo autor (2013).

Analisando os dados do Quadro 3, pode-se elaborar o resumo conforme proposto no Quadro 2. O resumo é apresentado no Quadro 4.

Quadro 4 – Resumo das vantagens e dificuldades das ferramentas de softwares

Ferramentas de Software	Vantagens	Dificuldades
Livres	Investimento inicial: mão de obra; Energy Star (2012a) disponibiliza o manual para ativação e configuração dos recursos de gerenciamento de energia;	Controlador de domínio Linux não permite ativação e configuração dos recursos por política de grupo. Todas as tarefas são feitas diretamente no desktop; A necessidade de privilégio administrativo para o usuário não restringe as configurações de energia; <i>Script</i> de desligamento diário não funciona caso exista programas ou arquivos abertos e em execução; Demanda maior de mão de obra.
Proprietárias	Funcionamento em arquitetura cliente/servidor; Ativação e configuração dos recursos feita pela rede em console de gerenciamento no servidor; Desligamento pode ser feito pelo console de gerenciamento ou agendada. O desligamento é realizado independente de softwares ou arquivos abertos ou em execução; Atualização de softwares e sistema operacional realizada de forma agendada ou remotamente;	Investimento inicial: depende de recursos financeiros da instituição;

Fonte: Elaborado pelo autor (2013).

Com base na análise do Quadro 4 conclui-se que a melhor solução é uma ferramenta de software proprietária para o gerenciamento e controle de energia do escopo analisado. Optou-se pela ferramenta *Power Save* do fabricante *Faronics* (ANEXO E) dentre as opções consultadas. Após solicitação de orçamento pode-se aplicar o conceito de ROI para determinar a viabilidade do investimento. O custo da licença por computador é de R\$28,84. A equação abaixo apresenta o resultado do ROI da ferramenta escolhida.

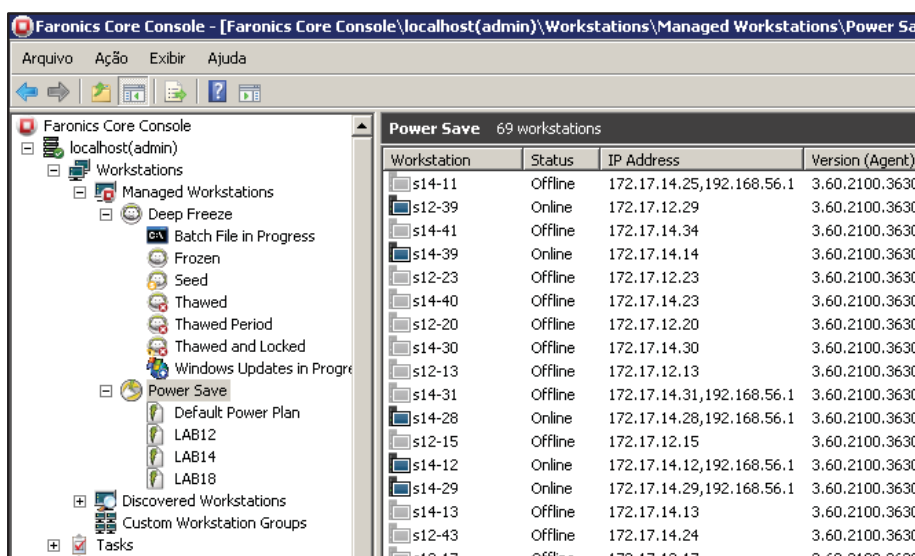
$$ROI = \frac{75 \cdot 28,84}{412,96} = \frac{2163}{412,96} = 5,24 \text{ meses} \quad (4.6)$$

Após o processo de aquisição de 80 licenças do software, iniciou-se a fase de implantação dos recursos.

4.3 Implantação dos recursos e verificação dos resultados obtidos

Para implantar a ferramenta *Power Save*, estudou-se os manuais de instalação e configuração do produto. Seguindo os procedimentos do fabricante iniciou-se o processo de instalação e configuração pelo computador servidor. A Figura 19 apresenta a tela de gerenciamento da ferramenta. Após a instalação do servidor, inicia-se a instalação do software nos computadores dos LDI's (clientes). Primeiramente, é gerado um arquivo que estabelece a comunicação entre o servidor e os clientes. Esse arquivo é gerado em formato *Microsoft Windows Installer (msi)*, o que facilita a instalação remota pela LAN.

Figura 19 – Console de gerenciamento Power Save



Workstation	Status	IP Address	Version (Agent)
s14-11	Offline	172.17.14.25,192.168.56.1	3.60.2100.3630
s12-39	Online	172.17.12.29	3.60.2100.3630
s14-41	Offline	172.17.14.34	3.60.2100.3630
s14-39	Online	172.17.14.14	3.60.2100.3630
s12-23	Offline	172.17.12.23	3.60.2100.3630
s14-40	Offline	172.17.14.23	3.60.2100.3630
s12-20	Offline	172.17.12.20	3.60.2100.3630
s14-30	Offline	172.17.14.30	3.60.2100.3630
s12-13	Offline	172.17.12.13	3.60.2100.3630
s14-31	Offline	172.17.14.31,192.168.56.1	3.60.2100.3630
s14-28	Online	172.17.14.28,192.168.56.1	3.60.2100.3630
s12-15	Offline	172.17.12.15	3.60.2100.3630
s14-12	Online	172.17.14.12,192.168.56.1	3.60.2100.3630
s14-29	Online	172.17.14.29,192.168.56.1	3.60.2100.3630
s14-13	Offline	172.17.14.13	3.60.2100.3630
s12-43	Offline	172.17.14.24	3.60.2100.3630
s12-17	Offline	172.17.12.17	3.60.2100.3630

Fonte: Elaborado pelo autor (2013).

A implantação do gerenciamento de energia com o *Power Save* ocorreu durante o período letivo do 2º semestre de 2012. O setor responsável pelos LDI's utiliza os intervalos entre semestres para as atividades de manutenção e instalação de novos softwares, pois, nesses períodos são feitos testes de compatibilidade entre os softwares, não prejudicando as atividades acadêmicas. Houve uma exceção para implantação do *Power Save*, levando em consideração o fato de poder obter uma melhor configuração durante o período de utilização real dos LDI's.

Entretanto, a instalação do *Power Save* não poderia prejudicar o funcionamento dos LDI's, sendo assim, alguns computadores não tiveram o recurso

instalado, pois, apresentaram incompatibilidade com o Power Save. Esses computadores terão o recurso instalado no próximo intervalo entre semestres e continuarão na análise do escopo para este trabalho. A Tabela 11 apresenta um resumo com a quantidade de computadores com o *Power Save* instalado em cada LDI.

Tabela 11 – Implantação do Power Save nos LDI's

	Total de Computadores	Com Power Save	Percentual de Gerenciamento de Energia
LDI 12	23	19	83%
LDI 14	27	21	78%
LDI 18	25	24	96%
Totais	75	64	85%

Fonte: Elaborado pelo autor (2013).

Portanto, 15% dos computadores do escopo analisado, não estão com recurso de gerenciamento de energia *Power Save* ativados, e permaneceram com suas configurações anteriores, ou seja, não se pode afirmar se esses computadores ao ficarem ociosos entram em um modo de menor consumo de energia.

Após instalação nos clientes, inicia-se a fase de configuração dos recursos de gerenciamento de energia, denominados como “planos de energia”. No *Power Save* pode ser criado um, ou vários planos de energia, de acordo com a necessidade. Para o escopo isso não foi necessário, pois, o perfil de utilização dos LDI's é o mesmo em relação aos horários de funcionamento e tempos de ociosidade máxima. A configuração do plano de energia foi elaborada seguindo as necessidades dos usuários e do administrador do LDI. A Tabela 12 apresenta os aspectos tempo máximo de ociosidade e desligamento programado.

Tabela 12 – Tempos máximo de ociosidade e desligamento

	Tempo máximo de ociosidade		Desligamento Diário
	Segunda – Sábado	Domingo	Segunda – Domingo
Monitor	30 minutos	1 minuto	0h00
Computador	30 minutos	1 hora	0h00

Fonte: Elaborado pelo autor (2013).

Como pode ser observado na Tabela 12, nos dias de utilização os computadores estão configurados para serem colocados em modo de menor consumo de energia após 30 minutos.

A rotina de desligamento programada é diária, como forma de garantir que

os computadores sejam desligados no horário das 0h00.

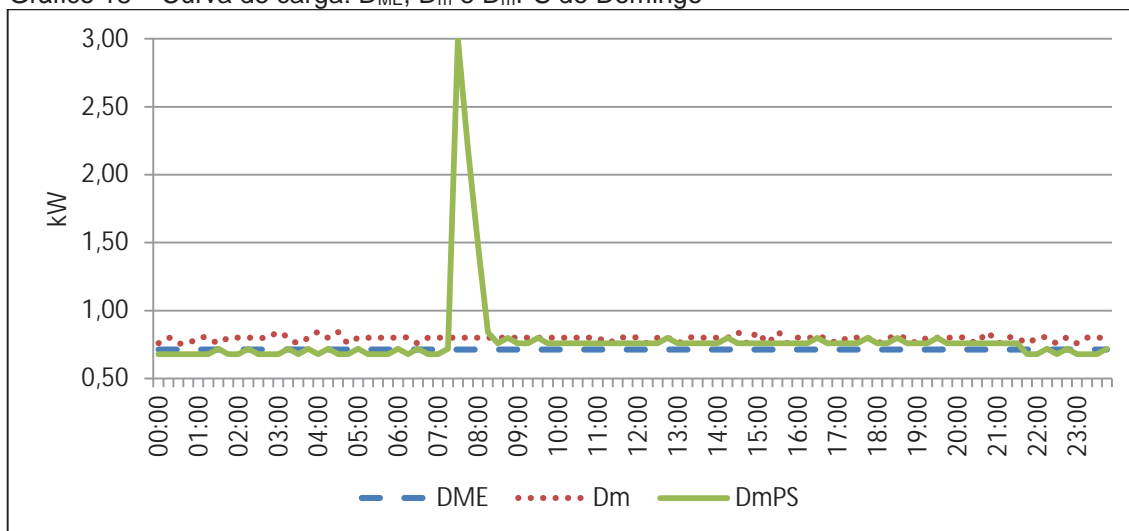
O domingo é o único dia sem utilização dos LDI's em todo o período e por esse motivo, decidiu-se utilizá-lo para atualização do sistema operacional e softwares dos computadores de forma agendada. A tarefa de atualização do sistema operacional, foi agendada para os domingos das 7h às 8h e os tempos de ociosidade, foram alterados para deixar mais eficiente a economia de energia, sendo 1 minuto para o monitor e 1 hora para o computador.

A fase de verificação dos resultados inicia-se novamente com o levantamento da demanda dos LDI's. O procedimento segue o mesmo padrão adotado no item 4.1.1, no mesmo ponto de medição (Figura 16), com o mesmo analisador de energia (Figura 17).

Nessa fase, foram feitos 668 registros pelo analisador e essas medições abrangem um período de 7 dias consecutivos, com intervalos de 15 minutos, assim como no primeiro levantamento. Os dados gerais desta medição, estão apresentados no Apêndice D.

Os dados da D_m desse levantamento estão denominados como Demanda Média Power Save (D_{mPS}), e formam uma nova coluna em cada dia da semana junto aos dados existentes do Apêndice C. Os Gráficos de 18 a 25.

Gráfico 18 – Curva de carga: D_{ME} , D_m e D_{mPS} do Domingo

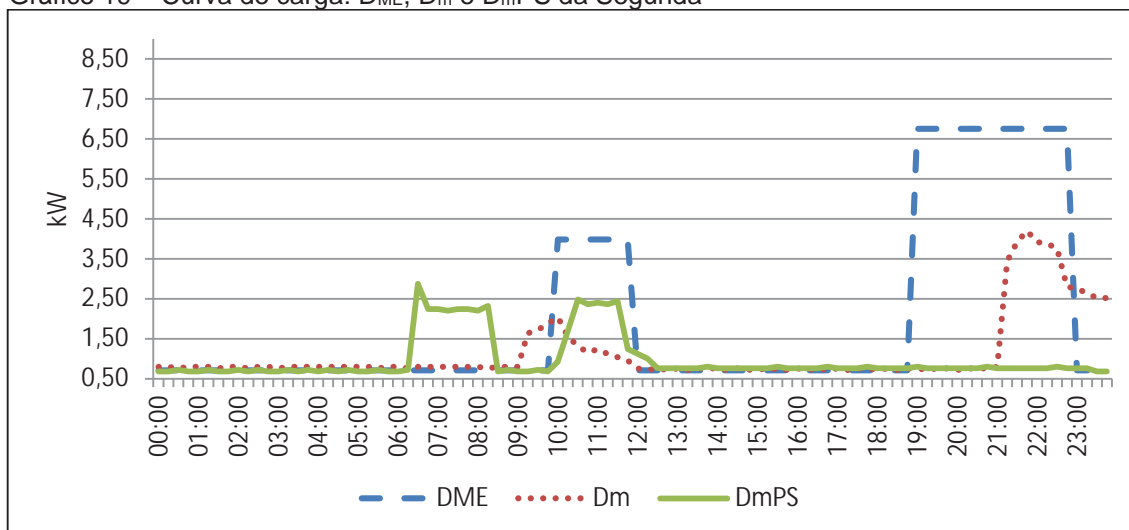


Fonte: Elaborado pelo autor (2013).

Observa-se no Gráfico 18 um aumento da D_{mPS} entre 7h e 8h30, chegando a 3kW que pode indicar a execução da tarefa de atualização do sistema operacional, conforme programado. Isso também indica que o plano de energia atuou, não

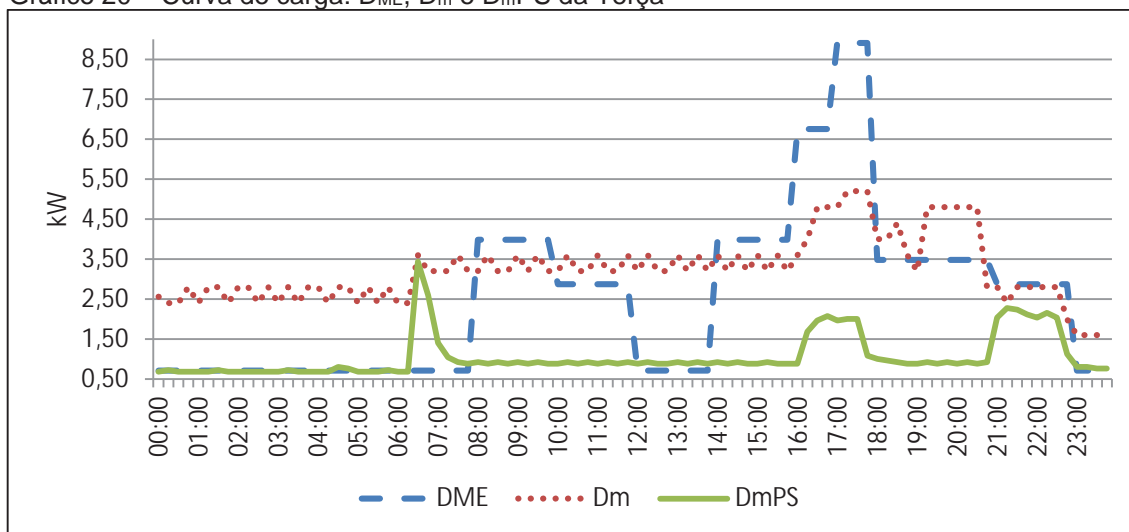
deixando os computadores em utilização, mas, colocando-os em um modo de menor consumo de energia. Nos demais horários, nota-se que o consumo permaneceu próximo a D_{ME} , e inferior a D_m .

Gráfico 19 – Curva de carga: D_{ME} , D_m e D_{mPS} da Segunda



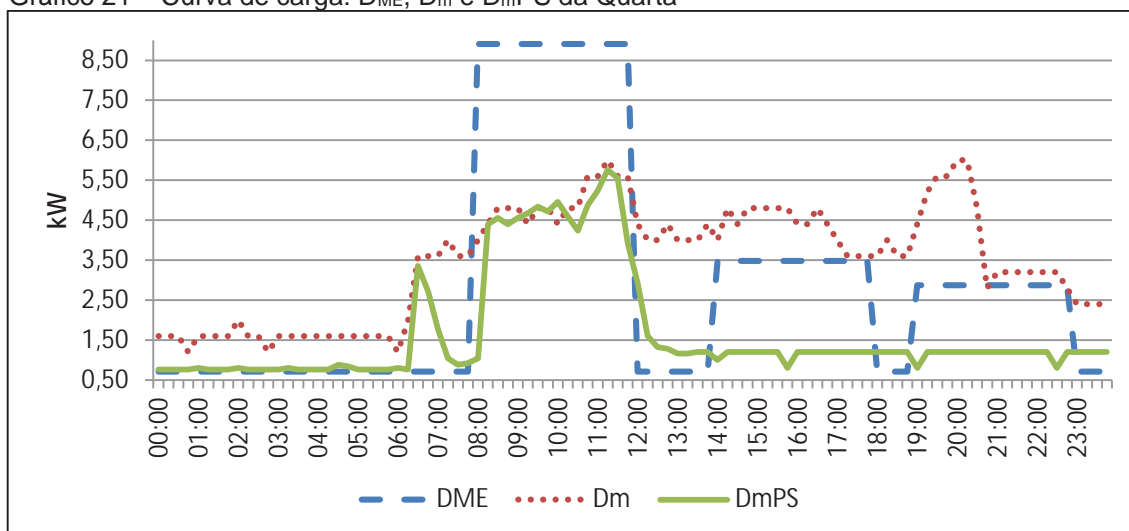
Fonte: Elaborado pelo autor (2013).

Na segunda observa-se um consumo médio de 2kW entre 6h e 8h enquanto o estimado era em torno de 0,7kW. Posteriormente o período de medição, foi identificado nas configurações um plano de energia padrão da instalação do *Power Save*. Esse plano tem por finalidade aplicar os demais planos de energia nos computadores e para isso, diariamente ele liga os computadores (caso estejam desligados) para aplicar as configurações de energia. Essa regra foi alterada após o período de medição. Nos demais períodos do Gráfico 19, observa-se a D_{mPS} abaixo da D_{ME} .

Gráfico 20 – Curva de carga: D_{ME}, D_m e D_{mPS} da Terça

Fonte: Elaborado pelo autor (2013).

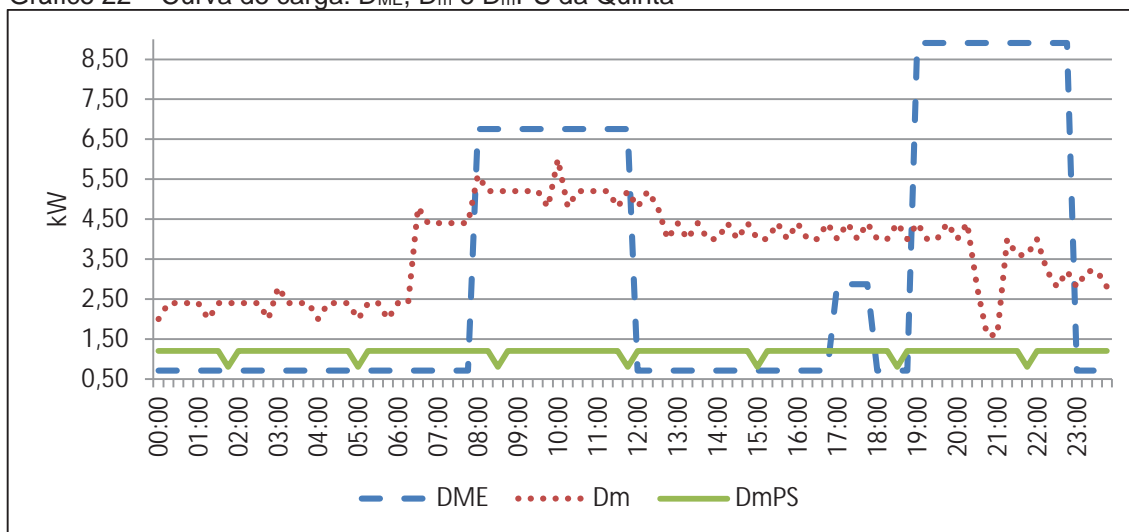
A terça possui os LDI's em utilização em todos os períodos, mas, pode-se observar no Gráfico 20 a D_{mPS} aproximando-se a D_{ME} somente nos períodos de 21h às 23h. No período entre 12h e 14h que é um intervalo de não utilização, a D_{mPS} ficou em torno de 0,9kW, 20% acima da D_{ME} indicando que o plano de energia precisa ser ajustado para uma maior eficiência. A D_{mPS} permaneceu abaixo da D_m ao longo de todo o período.

Gráfico 21 – Curva de carga: D_{ME}, D_m e D_{mPS} da Quarta

Fonte: Elaborado pelo autor (2013).

A quarta também possui utilização em todos os períodos assim como na terça. Nota-se no Gráfico 21 a D_{mPS} aproximando-se a D_{ME}, e não excedendo a D_m. Se comparado com a D_m nesse mesmo período, a D_{mPS} é 65% menor.

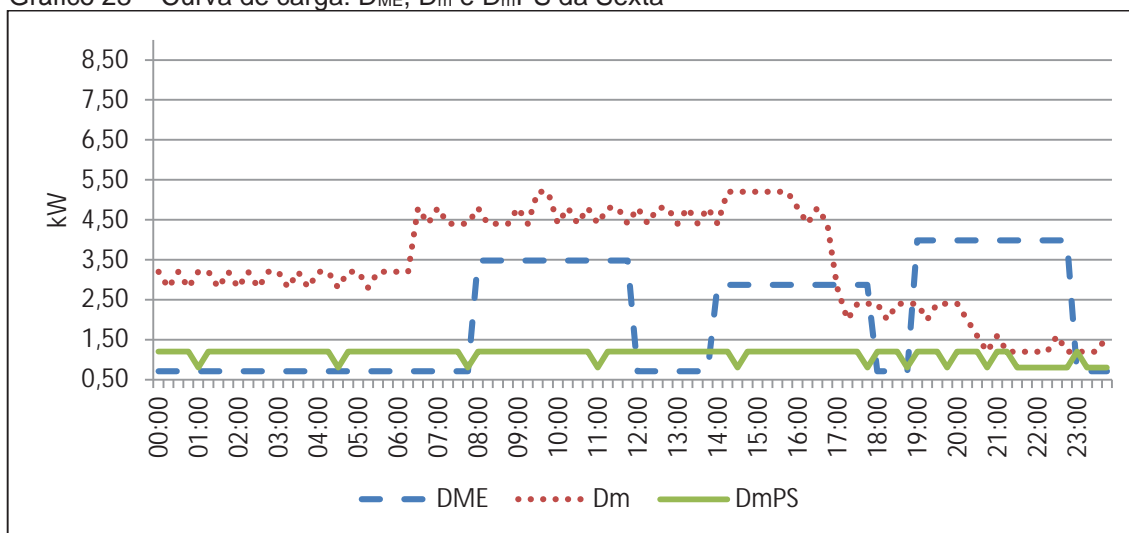
Gráfico 22 – Curva de carga: DME, Dm e DmPS da Quinta



Fonte: Elaborado pelo autor (2013).

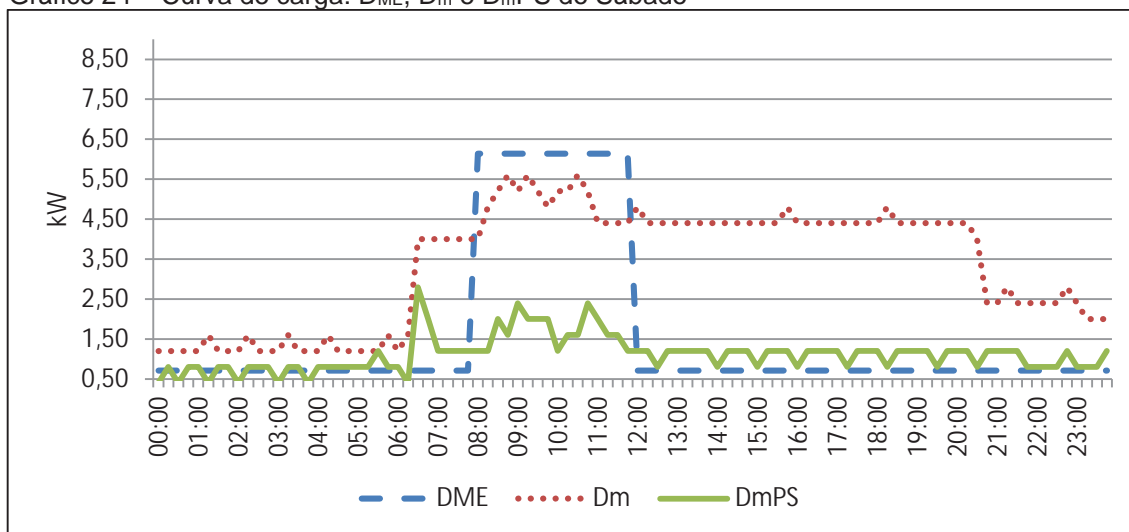
De acordo com o Gráfico 22, na quinta a DmPS permaneceu constante durante todo o período. Pode-se observar que durante os períodos sem utilização como das 12h às 14hs pode-se melhorar o ajuste do plano de energia, pois a DmPS é 40% maior que a DME.

Gráfico 23 – Curva de carga: DME, Dm e DmPS da Sexta



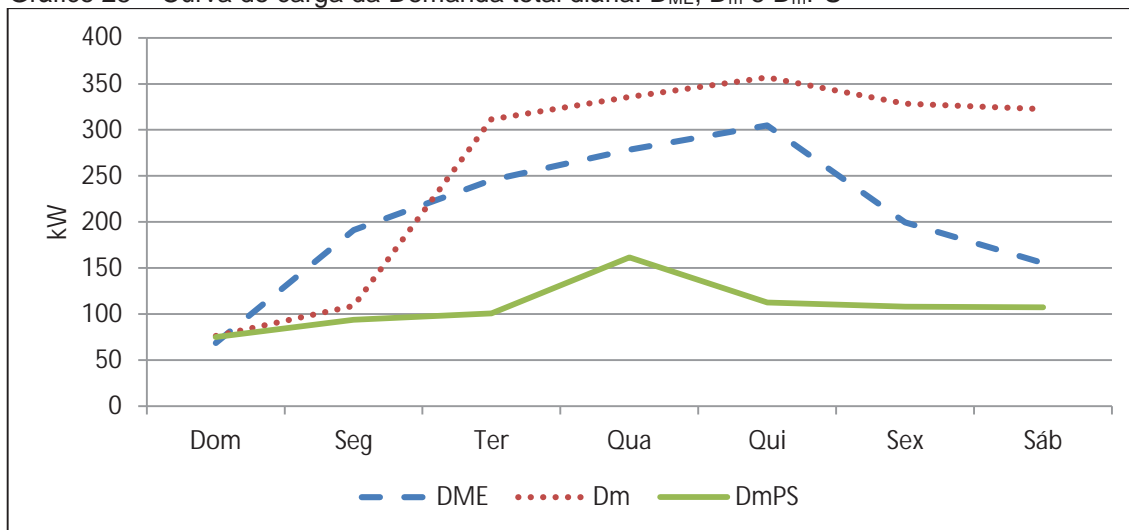
Fonte: Elaborado pelo autor (2013).

Assim como na quinta, a sexta apresenta um comportamento constante da DmPS no Gráfico 23.

Gráfico 24 – Curva de carga: D_{ME} , D_m e D_{mPS} do Sábado

Fonte: Elaborado pelo autor (2013).

No sábado a D_{mPS} apresentada no Gráfico 24 mostra que houve utilização no período agendado das 8h às 12h, e que após esse período os computadores que foram ligados voltaram a um modo de menor consumo de energia.

Gráfico 25 – Curva de carga da Demanda total diária: D_{ME} , D_m e D_{mPS} 

Fonte: Elaborado pelo autor (2013).

O Gráfico 25 compara as D_{ME} , D_m e D_{mPS} por dia. Observa-se em todos os dias a D_{mPS} inferior as demais, com exceção o domingo. Portanto, ao observar os Gráficos de 18 a 24 pode-se concluir que:

- O plano de energia pode ser ajustado para obter maior eficiência nos períodos sem utilização, pois, como pode ser observado nos gráficos de 18 a 24, a D_{mPS} é superior a D_{ME} ;

- A D_{mPS} não excedeu a D_{ME} nos períodos de utilização, mostrando a eficiência do plano de energia aplicado como pode ser observado nos gráficos;
- O plano de energia aplicado apresentou-se eficaz, pois nota-se a queda da D_{mPS} após os horários de utilização. Isso pode indicar que os computadores ao ficarem ociosos foram colocados em um modo de menor consumo de energia pelo *Power Save*.

A Tabela 13 apresenta a totalização da Demanda diária da D_{ME} , D_m e D_{mPS} . Ao comparar a D_{mPS} em relação as demais, conseguimos determinar o percentual de economia obtido.

Tabela 13 – Percentual de economia da semana

	<i>Demanda diária total (kW)</i>			<i>Comparação</i>	
	D_{ME}	D_m	D_{mPS}	D_{mPS} / D_{ME}	D_{mPS} / D_m
Dom	68,47	76,24	75,12	-9,72%	1,47%
Seg	191,25	108,96	93,88	50,91%	13,84%
Ter	245,47	311,36	100,80	58,94%	67,63%
Qua	278,41	335,60	161,60	41,96%	51,85%
Qui	304,85	356,80	112,40	63,13%	68,50%
Sex	199,60	328,40	108,00	45,89%	67,11%
Sáb	155,32	322,40	107,20	30,98%	66,75%
Economia Média Semanal				40,30%	48,16%

Fonte: Elaborado pelo autor (2013).

Ao analisar a Tabela 13, nota-se que com exceção ao Domingo, a implantação do gerenciamento de energia retornou resultados positivos tanto em relação a D_{ME} , quanto em relação a D_m sem o gerenciamento de energia.

A eficiência média semanal de mais de 40% em relação a D_{ME} confirma a existência de PCE para o caso analisado. Substituindo o PCE de 21,5 % pela economia de 40,30% a partir da equação 4.4, obtêm-se os novos $PCE_{R\$}$ e ROI como pode ser visto pelas equações abaixo.

$$PCE_{R\$} = CT * PEE_{\%} = 480,18 * 0,403 * 4 = R\$ 773,76 \quad (4.7)$$

$$ROI = \frac{2163}{773,76} = 2,79 \text{ meses} \quad (4.8)$$

O ROI de 2,79 meses mostra que o investimento realizado retornará antes

do esperado inicialmente e poderia ser maior se todo o escopo estivesse com o recurso de gerenciamento de energia implantado.

A eficiência de mais de 48% da D_mPS em relação a D_m demonstra que a implantação de um programa de eficiência energética, quando planejado, apresenta resultados positivos.

5 CONCLUSÕES

A conclusão do trabalho está dividida nos tópicos apresentados a seguir.

5.1 Aspectos gerais

O trabalho teve como principal objetivo apresentar um procedimento para implantação de gerenciamento e controle de energia elétrica em computadores de uma LAN, alinhado com os princípios e práticas sustentáveis de eficiência energética e TI Verde. Esse objetivo foi atingido ao elaborar um procedimento genérico descrito no capítulo 3 deste trabalho. O procedimento (Figura 8) conta três etapas baseadas: no diagnóstico energético (NOGUEIRA, 2006b); na metodologia de Demanda e Curva de Carga (COTRIM, 2003); nos conceitos de eficiência energética (INEE, 2010); nas informações disponíveis do Energy Star (2012a); e no conceito de ROI (ASSAF NETO, 2009).

Para provar a viabilidade e eficácia do procedimento, este foi validado no capítulo 4 deste trabalho, ao ser aplicado em três laboratórios de informática da FEB. Após sua aplicação foi possível determinar:

- O percentual de computadores com gerenciamento de energia ativo;
- O consumo de energia dos equipamentos e do escopo analisado;
- O PCE para o escopo analisado;
- A economia obtida através da aplicação do procedimento.

O resultado positivo da implantação é demonstrado na redução de 40% do consumo de energia elétrica do escopo analisado. O desempenho ou a disponibilidade dos computadores permaneceu inalterada, mostrando a aplicabilidade do procedimento.

O outro objetivo deste trabalho era apresentar o alinhamento desse procedimento com os conceitos de TI Verde. Esse objetivo foi alcançado nos capítulos 3 e 4. O procedimento foi baseado nos princípios e estudos de casos de organizações que se beneficiam de TI Verde. A validação do procedimento retornou resultados positivos em eficiência energética.

5.2 Trabalhos futuros

Para trabalhos futuros, planeja-se aplicar o procedimento em um escopo maior dentro do campus de Bauru para comparação com os resultados obtidos.

Estima-se que o campus de Bauru possua mais de 1500 computadores para fins acadêmicos, portanto, o trabalho teve como abrangência 5% deste total. A extensão deste trabalho com o PCE de 40% obtido, pode ser significativo conforme demonstrado na Tabela 14.

Tabela 14 – Projeção de economia para o campus de Bauru

Quantidade computadores	Custo Diário		Economia diária (PCE 40%)
	Por computador	Total	
1500	R\$ 0,92	R\$ 1.380,00	R\$ 552,00

Fonte: Elaborado pelo autor (2013).

Planeja-se aplicar o procedimento para as áreas administrativas, e laboratórios com outros sistemas operacionais bem como aplicar o procedimento em outras organizações, para verificar o comportamento nesses ambientes e comparação com os resultados obtidos neste trabalho.

Também, correlacionar o procedimento com a economia de energia obtida com a redução de refrigeração nesses ambientes, e a possibilidade de expandir o gerenciamento e controle de energia a esses equipamentos.

5.3 Trabalhos publicados

Esta dissertação é a continuidade de trabalhos desenvolvidos anteriormente. Esses trabalhos são denominados:

SILVA, Manoel R. da.; ZANETI, Gislaine B.; ZAGO, Maria G.; SOUZA, André N. de., TI Verde: princípios e práticas sustentáveis para aplicação em universidades. IN: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SISTEMAS ELÉTRICOS, 3. 2010, Belém. **Anais eletrônicos**... Belém: SBSE, 2010. Disponível em: <<http://labplan.ufsc.br/congressos/III%20SBSE%20-%202010/PDF/SBSE2010-0085.PDF>>.

SILVA, Manoel R. da.; ZANETI, Gislaine B.; SOUZA, André N. de; FUSCO, José P. A., Procedimentos para o gerenciamento do consumo de energia de computadores de uma rede local com tomada de decisão. IN: CONGRESSO LATIN AMERICAN ON ELECTRICITY GENERATION AND TRANSMISSION, 9. 2011. Mar del Plata. **Anais**... Mar del Plata: CLAGTEE, 2011.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Atlas de energia elétrica do Brasil**. Brasília, DF, 2002.

ALDABÓ, Ricardo. **Qualidade na energia elétrica**. São Paulo: Artiber, 2001.

ALVAREZ, A. L. M. **Uso racional e eficiente de energia elétrica**: metodologia para a determinação dos potenciais de conservação dos usos finais em instalações de ensino e similares". Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da USP, São Paulo, 1998.

ANDREOLI, André L. **Controlador de demanda e fator de potência de baixo custo para unidades consumidoras de energia elétrica**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Bauru, 2005.

ASSAF NETO, Alexandre. **Finanças corporativas e valor**. São Paulo: Atlas, 2009.

BERL, Andreas; MEER, Hermann de. Redução do consumo de energia de computadores de escritórios. **Eletricidade Moderna**, p. 66-77, Abr. 2011. Disponível em: < <http://www.net.fim.uni-passau.de/pdf/Berl2011c.pdf>>. Acesso em: 30 abr. 2013.

CAETANO, Rodrigo. TI Verde: setor financeiro impulsiona políticas sustentáveis. **COMPUTERWORLD**. 21 out. 2009. Disponível em: <<http://computerworld.uol.com.br/gestao/2009/10/20/ti-verde-setor-financeiro-impulsiona-politicas-sustentaveis/>>. Acesso em: 13 mar. 2013.

CALDER, Alan. **Compliance for green it**: a pocket guide. United Kingdom: IT Governance Publishing, 2009.

CARDOSO, Fátima. **Efeito estufa**: por que a Terra morre de calor. São Paulo: Terceiro Nome, 2006.

COMPUTERWORLD. Executive Briefing. TI Verde: negócios em linha com o planeta. Disponível em: < http://lt.idg.com.br/uol/EB_CW_TI_Verde.pdf>. Acesso em: 13 mar. 2013.

COTRIM, Ademaro A. M. B. **Instalações elétricas**. 4. ed. São Paulo: Prentice Hall, 2003.

ELETROBRAS. **PROCEL**: programa nacional de conservação de energia elétrica. Disponível em: <<http://www.eletrobras.com/elb/procel/>>. Acesso em: 10 mar. 2013.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Boletim de análise do Mercado de energia**: consumo mensal de energia elétrica por classe (regiões e subsistemas) - 2004-2013. 2013. Disponível em: <[http://www.epe.gov.br/mercado/Documents/Box%20Mercado%20de%20Energia/Consumo%20mensal%20de%20energia%20el%C3%A9trica%20por%20classe%20\(regi%C3%B5es%20e%20subsistemas\)%20-%202004-2013.xls](http://www.epe.gov.br/mercado/Documents/Box%20Mercado%20de%20Energia/Consumo%20mensal%20de%20energia%20el%C3%A9trica%20por%20classe%20(regi%C3%B5es%20e%20subsistemas)%20-%202004-2013.xls)>. Acesso em: 05 mar. 2013a.

_____. **Anuário estatístico 2012**. Disponível em:
<http://www.epe.gov.br/AnuarioEstatisticodeEnergiaEletrica/20120914_1.pdf>.
Acesso em: 05 mar. 2013b.

ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION. **Country analysis brief: Brazil** last update 28 feb 2012. 2012. Disponível em: <<http://www.eia.gov/EMEU/cabs/Brazil/pdf.pdf>>. Acesso em: 05 mar. 2013.

ENERGY STAR. Site oficial. Disponível em: <http://www.energystar.gov/index.cfm?c=about.ab_index>. Acesso em: 10 dez. 2012a.

_____. No more excuses: windows 7 makes it easy to manage computer power consumption organization-wide. Disponível em:
<http://www.energystar.gov/ia/products/power_mgt/downloads/U_of_Wisconsin_Win_7_Case_Study_v3.pdf?f8e4-8b18> Acesso em 10 dez. 2012b.

_____. Fusion Trade, Inc. Saves \$70 per PC Annually with Computer Power Management. Disponível em:
<http://www.energystar.gov/ia/products/power_mgt/Fusion_Case_Studyv4.pdf?f8e4-8b18> Acesso em 10 dez. 2012c.

FARONICS. Site oficial. Disponível em: <<http://www.faronics.com/pt-br/products/power-save-2/power-save-enterprise/>>. Acesso em: 10 dez. 2012.

FILHO, Domingos L. L. **Projetos de instalações elétricas prediais**. 11. ed. São Paulo: Érica, 2007.

FLUKE. Analisador de qualidade de energia Fluke 437 série II de 400 Hz. Disponível em: <<http://www.fluke.com/fluke/brpt/Ferramentas-de-Qualidade-de-Energia/Logging-Power-Meters/Fluke-437-Series-II.htm?PID=73946>>. Acesso em: 6 jan. 2013.

GIL, Antonio C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. São Paulo: Atlas, 1999.

HINRICHS, Roger A. **Energia e meio ambiente**. São Paulo: Cengage Learning, 2010.

HP. **Guia de Hardware: Business PC HP Compaq 6005 Pro Microtorre**. Disponível em: <<http://bizsupport2.austin.hp.com/bc/docs/support/SupportManual/c01871620/c01871620.pdf>>. Acesso em: 10 dez. 2012.

INSTITUTO NACIONAL DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA. **O que é eficiência energética?** Brasília, DF, 2010. Disponível em: <http://www.inee.org.br/eficiencia_o_que_eh.asp?Cat=eficiencia>. Acesso em: 6 ago. 2010.

INSTRUTHERM. Analisador de energia digital portátil AE-200. Disponível em: <<http://instrutherm.com.br/>>. Acesso em 10 mar. 2013.

LORA, Electo E. S.; TEIXEIRA, Flávio. N. Energia e meio ambiente. In: MARQUES, Milton C. S; HADDAD, Jamil; MARTINS, André R. S (Coord.). **Conservação de energia: eficiência energética de equipamentos e instalações**. 3. ed. Itajubá: FUPAI, 2006.

LUCAS, Anselmo. **Projetos verdes**. 2008. Disponível em: <<http://www.greenitbrasil.com.br/?tag=consumo-de-energia-em-ti>>. Acesso em: 26 abr. 2013.

MARQUES, Milton C. S; HADDAD, Jamil; GUARDIA, Eduardo C. (Coord.). **Eficiência energética: teoria e prática**. 1. ed. Itajubá: FUPAI, 2007.

MURUGESAN, S. H. **Green IT: principles and practices**. IT Professional, v. 10, n. 1, p. 24–33, Jan.-Feb. 2008. IEEE Computer Society.

NI. Módulo de aquisição de dados USB NI-6211. Disponível em: <<http://sine.ni.com/nips/cds/view/p/lang/pt/nid/203224>>. Acesso em: 6 jan. 2013.

NOGUEIRA, Luiz A. H. Energia: conceitos e fundamentos. In: MARQUES, Milton C. S; HADDAD, Jamil; MARTINS, André R. S (Coord.). **Conservação de energia: eficiência energética de equipamentos e instalações**. 3. ed. Itajubá: FUPAI, 2006a.

_____. Auditoria energética. In: MARQUES, Milton C. S; HADDAD, Jamil; MARTINS, André R. S (Coord.). **Conservação de energia: eficiência energética de equipamentos e instalações**. 3. ed. Itajubá: FUPAI, 2006b.

PANESI, André R. Q. **Fundamentos da eficiência energética**. São Paulo: Ensino Profissional, 2006.

RAMOS, Caio C. O. **Desenvolvimento de Ferramentas Computacionais Inteligentes para Identificação de Perdas Comerciais em Sistemas de Energia**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia, 2010.

REICH, J.; GORACZKO, M.; KANSAL, A.; PADHYE, J.; Sleepless in seattle no longer. Usenix ATC. 2010. Disponível em: <http://www.usenix.org/events/atc10/tech/full_papers/Reich.pdf>. Acesso em: 10 dez. 2012.

REIS, Lineu. B. **Geração de energia elétrica**. São Paulo: Tec Art, 1998.

SACHS, Ignacy. A revolução energética do século XXI. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 21, n. 59, p. 21–38, Abr. 2007. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142007000100004&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 12 mar. 2013.

SALOMÃO, Thais M. **Eficiência energética: projetos luminotécnicos em plantas industriais**. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Energia e Automação Elétrica. 2011.

SILVA, Edna L.; MENEZES, Estera M. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**. Florianópolis: UFSC, 2005. Disponível em: <<http://projetos.inf.ufsc.br/arquivos/Metodologia%20da%20Pesquisa%203a%20edicao.pdf>>. Acesso em: 29 abr. 2010.

SILVA, Manoel R. da.; ZANETI, Gislaine B.; ZAGO, Maria G.; SOUZA, André N. de., TI Verde: princípios e práticas sustentáveis para aplicação em universidades. IN: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SISTEMAS ELÉTRICOS, 3. 2010, Belém. **Anais eletrônicos...** Belém: SBSE, 2010. Disponível em: <<http://labplan.ufsc.br/congressos/III%20SBSE%20-%202010/PDF/SBSE2010-0085.PDF>>. Acesso em: 13 mar. 2013.

_____; ZANETI, Gislaine B.; SOUZA, André N. de; FUSCO, José P. A., Procedimentos para o gerenciamento do consumo de energia de computadores de uma rede local com tomada de decisão. IN: CONGRESS LATIN AMERICAN ON ELECTRICITY GENERATION AND TRANSMISSION, 9. 2011. Mar del Plata. **Anais...** Mar del Plata: CLAGTEE, 2011.

THE CLIMATE GROUP. **Smart 2020**: enabling the low carbon economy in the information age. 2008. Disponível em: <http://www.smart2020.org/_assets/files/03_Smart2020Report_lo_res.pdf>. Acesso em: 10 dez. 2012.

WALKER, J. Michael. Power management for networked computers: a review of incentive programs. In: IEEE INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON SUSTAINABLE SYSTEMS AND TECHNOLOGY, 2009. **Anais eletrônicos...** p. 1–6. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=5156753>>. Acesso em: 15 jan. 2013.

APÊNDICES

APÊNDICE A, B, C e D

Os dados dos apêndices estão em uma planilha no formato Open Document disponível no endereço:

<http://pessoas.feb.unesp.br/manoel/files/2013/05/apendices.zip>

ANEXOS

ANEXO A, B, C, D e E

Os dados dos apêndices estão disponíveis no endereço:
<http://pessoas.feb.unesp.br/manoel/files/2013/05/anexos.zip>