



SCE/016

21 a 26 de Outubro de 2001  
Campinas - São Paulo - Brasil

## STE II

### CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA – SCE

#### APROVEITAMENTO DE GREEN PCs: AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA NO USO FINAL DE MICROCOMPUTADORES PESSOAIS

Marco A. Saidel\*  
EPUSP

Josemir C. Santos  
EPUSP

André L. M. Alvarez  
EPUSP

Alcides F. Neto  
EPUSP

#### Resumo

Este IT apresenta um estudo realizado pelo GEPEA\*\* da USP acerca do potencial de economia de energia elétrica no uso final de Microcomputadores Pessoais dotados de funções de conservação de energia ("Green PCs"), considerando a interferência dos usuários. O trabalho inclui o monitoramento, via Internet, dos períodos de ociosidade de um conjunto de 30 microcomputadores; a realização de estimativas do potencial de conservação de energia neste conjunto; a determinação da configuração adequada do gerenciador de energia para cada máquina e as medições e análises dos consumos de energia dos computadores com suas funções de conservação desativadas e ativadas.

**PALAVRAS-CHAVE:** gerenciamento de energia em micros, conservação de energia em micros, "Green PCs", "Energy Saver".

#### 1.0 - INTRODUÇÃO

O comércio de computadores domésticos e de escritório tornou-se um dos seguimentos de maior crescimento do mercado consumidor de equipamentos eletrônicos nos últimos anos. Impulsionado pelo acesso cada vez mais fácil do grande público à Internet, o

segmento dos equipamentos de informática traz consigo uma necessidade cada vez maior de energia elétrica, seja pelo aumento do número de microcomputadores instalados e dos periféricos a eles associados, seja pelo aumento gerado no consumo destas máquinas causado por sua capacidade de processamento cada vez maior.

A preocupação com o consumo de energia elétrica dos equipamentos de informática não é recente. Em junho de 1992, a EPA - "U.S. Environmental Protection Agency" (Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos) já anunciava um programa para promover o desenvolvimento de computadores e periféricos eficientes, dotados de gerenciadores de energia, os chamados "Green PCs"(1). O programa foi chamado de Energy Star e foi baseado na parceria da EPA com os fabricantes de computadores. Os computadores construídos de acordo com as diretrizes do Energy Star são identificados pelo logotipo da Figura 1, que o fabricante pode exibir em anúncios, publicações e no próprio produto.



Figura 1: Logotipo do programa Energy Star.

\* Depto. de Engenharia de Energia e Automação Elétricas PEA - EPUSP  
Av. Prof. Luciano Gualberto, trav. 3, Nº 158, Butantã, São Paulo, SP, CEP 05508-900  
Tel./Fax: (0xx11) 3818-5503 / 5349 e-mail: renata@pea.usp.br ou masaidel@pea.usp.br

\*\* GEPEA – Grupo de Estudos em Energia do PEA-EPUSP

Atualmente, apesar de contar em seus computadores com os recursos providos pelo Energy Star para o gerenciamento do consumo de energia, a maioria dos usuários não os utiliza, anulando um enorme esforço já realizado por várias empresas e entidades no desenvolvimento de uma tecnologia voltada para a economia e o uso racional da energia elétrica. Esse fato curioso pode estar relacionado, entre outros, aos seguintes fatores: a) o desconhecimento por parte dos usuários (individuais ou corporativos) dos recursos de gerenciamento de energia que seus equipamentos já possuem, b) as dúvidas sobre a extensão dos benefícios reais que o uso desses recursos pode trazer, c) os incômodos que certos recursos podem causar ao operador (principalmente quando mal aplicados).

Partindo do pressuposto defendido em trabalho anterior(2) de que o uso dos recursos do Energy Star podem produzir uma economia efetiva da energia consumida pelos microcomputadores e visando contribuir para o estabelecimento de um hábito conservacionista entre seus usuários, concebeu-se um trabalho de pesquisa que abrangesse os três fatores apontados acima.

Este artigo descreve os métodos e resultados preliminares desta pesquisa que inclui um estudo do potencial de conservação de energia elétrica proveniente do uso dos gerenciadores de energia em microcomputadores na Universidade de São Paulo (USP) e medições de consumos reais destes equipamentos para validar este estudo.

### **1.1- Importância do estudo na USP**

Por ser uma instituição de ensino, pesquisa e extensão, a USP apresenta um número considerável de equipamentos de informática. Dados do Anuário Estatístico de 1999(3) revelam que a USP possuía naquela época 15.847 microcomputadores. Caso se considere o consumo médio de cada conjunto CPU + monitor como sendo cerca de 100 Watts, percebe-se que só os micros são responsáveis por uma demanda de

cerca de 1,5 MW na USP. Considerando-se ainda que estes equipamentos fiquem ligados ininterruptamente por cerca de 9 horas ao dia durante 22 dias úteis num mês, chega-se a um consumo médio de aproximadamente 313 MWh/mês, o que representa um custo de aproximadamente R\$ 36.621,00 por mês. Este custo representa cerca de 4,5% do total mensal de despesas com energia elétrica na USP.

Diante desses números, torna-se evidente a importância de um estudo do potencial da conservação de energia a ser alcançada caso o uso dos gerenciadores de energia em micros seja adotado como um padrão para toda a USP.

Da mesma forma, este estudo poderá ser útil para nortear ações semelhantes em empresas que utilizam intensivamente microcomputadores.

### **2.1- Gerenciadores de energia de "Green PCs"**

O gerenciador de energia de um microcomputador corresponde, basicamente, a um conjunto de "hardware", "firmware" e "software" dedicados à monitoração das atividades da máquina e ao controle de seu respectivo consumo de energia elétrica.

Os principais recursos à disposição dos gerenciadores para redução do consumo de energia elétrica são: o desligamento do monitor de vídeo, a parada do motor do disco rígido e o congelamento do "clock" do microprocessador (CPU). O conjunto destes recursos é normalmente chamado "Energy Saver".

O mais importante desses recursos, do ponto de vista da energia economizada, é o desligamento do monitor de vídeo (desde que o mesmo empregue em sua construção um tubo de raios catódicos - CRT). O uso dessa função de conservação é bastante fácil no sistema operacional Windows, que é o mais popular no Brasil. Ela é acionada através da mesma caixa de diálogo do Protetor de tela das Propriedades de vídeo,

no painel de controle das configurações do Windows, mas vem inicialmente desativada por definição.

Uma vez ativado o recurso de economia de energia do monitor, após passado o período de espera configurado, o monitor de vídeo é desligado, reduzindo a demanda global do microcomputador a um valor entre 60 e 40% do consumo normal. O período de espera, nesse caso, corresponde ao intervalo de tempo no qual o usuário não interagiu com a máquina através do teclado ou do mouse. Esta definição de período de espera tenta se aproximar do período de ociosidade do monitor, que é o tempo em que a informação exposta na tela não está sendo utilizada pelo operador ou em que este se ausentou.

Quanto maior for o período de ociosidade do monitor, maior será a energia desperdiçada com a exibição de imagens na tela. Portanto, quanto mais ociosa for a operação do microcomputador, maior será a economia de energia alcançada com uso do Energy Saver.

De maneira análoga, quanto menor for o tempo de espera selecionado, mais cedo entrará em operação o Energy Saver desligando o monitor e economizando mais energia. Porém, quando o operador aciona o mouse ou o teclado, solicitando a volta da imagem no monitor, há uma demora devido ao aquecimento do filamento do CRT. Esta demora pode incomodar consideravelmente o operador caso se repita constantemente após curtos intervalos de afastamento do micro.

Assim sendo, é aconselhável conhecer-se de antemão o padrão de comportamento do usuário para selecionar-se um tempo de espera adequado, a fim de não irritar o operador e não indispor-lo com o recurso de economia de energia.

## **2.0 - METODOLOGIA DO TRABALHO**

O estudo aqui exposto tem como objetivo básico determinar o verdadeiro potencial de conservação de energia elétrica proveniente

do uso dos gerenciadores de energia num conjunto típico de microcomputadores de um determinado ambiente de trabalho, no caso a USP.

Idealmente, tal determinação poderia ser feita através da medição individual do consumo de cada microcomputador antes e depois da ativação do Energy Saver, o que é tecnicamente inviável devido à falta de medidores de energia em quantidades suficientes.

Uma alternativa para estimar melhor a economia de energia é a de medir individualmente os consumos das CPUs e dos monitores (com e sem o Energy Saver ativado) dos PCs e monitorar, durante um certo intervalo de tempo, os períodos inativos dos mesmos. Através destes dados é possível realizarem-se simulações do consumo dos micros para vários tempos de espera até a ativação do Energy Saver.

A medição do consumo global do conjunto de PCs estudados, feita isoladamente, não forneceria uma estimativa precisa do impacto do uso do Energy Saver no consumo de energia da instalação elétrica por incorporar as interferências relativas às variações de carga de todos os equipamentos elétricos conectados ao mesmo circuito que alimenta esses microcomputadores. No entanto serve como ferramenta de validação das estimativas descritas anteriormente.

Assim, decidiu-se investigar os hábitos de uso de um conjunto de 30 PCs da USP, o que significa monitorar o tempo de ociosidade de cada microcomputador, e realizar as simulações a fim de determinar o impacto do uso do Energy Saver no consumo destes equipamentos e, ao mesmo tempo, selecionar um tempo de espera adequado para cada tipo de usuário.

A forma mais adequada encontrada para medir o tempo de ociosidade dos microcomputadores foi a de se desenvolver um software que monitorasse os períodos de inatividade da máquina.

Devido à facilidade do sistema operacional Windows permitir o uso de programas personalizados do tipo protetor de tela ("screen savers") foi desenvolvido, como uma ferramenta inédita, um protetor de tela que, ao mesmo tempo em que informa ao usuário sobre a pesquisa que está sendo realizada em seu microcomputador, registra os tempos de entrada e encerramento de sua execução, salvando essas informações num arquivo tipo texto. Este arquivo é enviado automaticamente, via FTP, para um servidor destinado a concentrar todos esses dados num site da Internet.

Além dos registros de tempo de ociosidade, o arquivo texto contém outras informações úteis a respeito da configuração básica da máquina, como, por exemplo, os tipos do monitor e do microprocessador instalados.

Paralelamente à instalação do protetor de tela, uma equipe mediu com um wattímetro a demanda da torre e do monitor (com e sem o "Energy Saver" ativado) de cada PC do universo de estudo.

A partir dos tempos de ociosidade e das demandas individuais das torres e dos monitores ensaiados, foi possível, então, determinar com boa precisão o potencial de conservação de energia elétrica dos 30 microcomputadores para diversas configurações de tempo de espera para a entrada dos gerenciadores de energia, ou seja, o tempo sem interação do usuário com a máquina que o gerenciador deveria esperar até desligar o monitor de vídeo.

Uma vez que, segundo os padrões da Energy Star, os monitores no modo de conservação máxima não devem apresentar uma demanda superior à 1 watt, seus consumos de energia elétrica nesta situação foram desprezados, considerando-se apenas o consumo das torres. Dessa forma, o potencial de conservação pode ser determinado pela fórmula abaixo:

$$\text{Potencial (\%)} = \frac{\text{Energia consumida com Energy Saver}}{\text{Energia consumida sem Energy Saver}} \times 100$$

A energia consumida com Energy Saver pode ser calculada multiplicando-se o tempo total de operação pela demanda da torre e somando-se a este valor o tempo total de operação menos o tempo de ociosidade após entrada do gerenciador multiplicado pela demanda do monitor.

Já a energia consumida sem Energy Saver pode ser calculada pela multiplicação do tempo total de operação pela soma das demandas da torre e do monitor.

$$\text{Potencial (p.u.)} = \frac{[\text{tempo total de operação} \times \text{demanda da torre} + (\text{tempo total de operação} - \text{tempo de ociosidade após entrada do gerenciador}) \times \text{demanda do monitor}]}{[\text{tempo total de operação} \times \text{demanda da torre} + \text{demanda do monitor}]}$$

A partir da expressão acima, foram determinados os potenciais de conservação de energia para os casos onde o gerenciador seria supostamente programado para os tempos de espera de 1, 3, 5, 10, 15, 20, 30, 45 e 60 minutos, com o objetivo de verificar o impacto desse parâmetro no consumo final da máquina. Os resultados obtidos através dessas simulações estão expostos no próximo item, a seguir.

Os dados de ociosidade permitem também fazer uma avaliação do tempo de espera mais adequado para cada microcomputador pesquisado. Tal avaliação pode ser feita através de inúmeros critérios. Neste estudo considerou-se que o parâmetro a ser considerado é o número de vezes em que o Energy Saver seria desacionado em menos de um minuto após ter sido acionado. Este número decresce com o aumento do tempo de espera.

Portanto, para se incomodar o mínimo o usuário seria necessário configurar o tempo de espera para o máximo possível, mas isso poderia reduzir demais a economia de energia obtida. Por isso é fundamental considerar os resultados das simulações de potencial de conservação de energia a fim de ajustar o tempo de espera para a melhor relação benefício/custo, onde o benefício é dado pelo potencial de conservação (em %)

e o custo é dado pelo número de desacionamentos do Energy Saver em menos de um minuto.

Vale observar que essa parte do estudo é muito importante, uma vez que ela influencia diretamente o comportamento dos usuários em relação ao uso do gerenciador de energia. Na verdade, uma das principais queixas dos usuários a respeito do desligamento do monitor é justamente a frequência das intervenções. Muitos usuários simplesmente preferem manter o monitor ligado constantemente do que esperar cerca de 10 segundos para que a imagem volte só por que ele ficou ausente por 5 minutos.

Paralelamente aos estudos feitos com os tempos de ociosidade procedeu-se à medição da energia consumida nos circuitos que alimentam todos os PCs monitorados. A intenção desta monitoração foi a de obter dados para avaliar qualitativamente a economia no consumo de energia proporcionada pelo uso dos recursos do Energy Saver nos microcomputadores considerados e validar os resultados das simulações realizadas.

### 3.0 - RESULTADOS OBTIDOS

O programa desenvolvido para este estudo enviou durante uma semana via Internet a um servidor os dados relativos aos instantes em que o protetor de tela foi acionado e desacionado. A partir destes dados, o primeiro parâmetro gerado foi o tempo de ociosidade das máquinas monitoradas. Sabendo-se que todos os protetores de tela foram programados para entrar em operação após um minuto de inatividade do teclado e do mouse, o tempo de ociosidade total da máquina que neste caso foi considerado como sendo a somatória de todos os tempos

decorridos entre os instantes de acionamento e desacionamento do protetor de tela acrescidos de um minuto e subtraídos do tempo de espera do Energy Saver. Somente os resultados positivos da operação descrita foram considerados. Como cada máquina operou por um número específico de horas durante a época de medição, não nos parece útil apresentar isoladamente o número de horas ociosas de cada micro. Este número só tem valor para o cálculo da energia consumida, que se descreve a seguir.

Utilizando os tempos totais de funcionamento e de ociosidade de cada máquina foi possível calcular as energias consumidas pelo conjunto de PCs e os potenciais de conservação deste conjunto para cada tempo de espera do Energy Saver.

A Tabela 1, a seguir, mostra os dados de consumos de energia e de potenciais de conservação, obtidos para o conjunto de micros estudado, em função do tempo de espera do Energy Saver.

Nota-se claramente que o potencial de conservação é bastante significativo mesmo para tempos de espera elevados, da ordem de 27% para uma hora de espera. Este potencial cresce a medida que diminui o tempo de espera e chega a atingir a casa dos 36% quando o tempo de espera cai para um minuto.

Esse resultado, por si só, já é extremamente importante, pois sinaliza que mesmo ajustando o tempo de espera do Energy Saver para 60 minutos, o que seguramente incomodaria bem pouco ao usuário, é possível alcançar-se uma economia significativa da energia consumida pelos PCs.

Tabela 1: Consumos totais de energia e potenciais de conservação para o conjunto dos PCs monitorados no período de estudos.

Tempo de Espera do Energy Saver (min.)	1	3	5	10	15	20	30	45	60	∞
Consumo de energia dos PCs (kWh)	143,3	145,2	146,4	148,7	150,9	152,8	156,4	160,5	163,8	225,6
Potencial de conservação (%)	36,5	35,7	35,1	34,1	33,1	32,3	30,7	28,9	27,4	-

O próximo parâmetro a ser levado em consideração é o tempo de espera mais apropriado para cada usuário observado. Este parâmetro é de difícil análise e determinação pois além de ser discutível o critério proposto para sua adoção, ele é certamente um parâmetro variável com o tempo, dependendo tanto do período de amostragem considerado quanto da época em que o estudo é feito, pois sabe-se que além das sazonalidades observáveis no tipo e no ritmo do trabalho dos usuários podem ocorrer lentas e graduais mudanças de hábito no uso dos computadores por parte destes usuários. Apesar destas considerações, dos dados obtidos neste trabalho, notou-se que o número de acionamentos indevidos do Energy Saver é sempre muito pequeno para tempos de espera maiores ou iguais a 15 minutos. Por outro lado pode-se ver na Tabela 1 que o potencial de conservação continua exibindo um valor elevado (cerca de 33%) para esse tempo de espera. Isto indica que tempos de espera desta ordem seriam os mais indicados para adoção, mesmo quando não se conhecesse em detalhe os hábitos dos usuários de um conjunto de PCs.

#### **4.0 - CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS**

Este estudo preliminar mostrou que, para o grupo de usuários e máquinas monitorado, a ativação dos recursos de Energy Saver dos microcomputadores levaria potencialmente a uma economia considerável de energia, da ordem de 33% para um tempo de espera de 15 minutos.

Foi realizada uma medição da energia consumida pela instalação elétrica que alimenta os 30 PCs monitorados quando nenhum deles estava com o Energy Saver ativado. Resta-nos ainda realizar uma medição similar com todos os PCs tendo seus recursos de Energy Saver ativados para qualitativamente, validar os resultados das simulações realizadas neste estudo.

Uma vez que o potencial de conservação constatado por meio deste estudo é

considerável, o próximo passo seria ampliar o universo de estudo e, uma vez confirmado este resultado preliminar, poder-se-ia propor padronizar o uso dos gerenciadores de energia para todos os microcomputadores da Universidade.

Acredita-se que estes resultados sejam igualmente aplicáveis em outras empresas, públicas e privadas, trazendo um grande potencial de conservação de energia a um custo virtualmente nulo, pois os recursos para sua implementação já são disponíveis, bastando uma decisão da direção da empresa para iniciar um movimento no sentido de ativa-los.

No tocante às ações educativas quanto aos hábitos de conservação de energia no uso de microcomputadores, até este momento do trabalho, a interferência nos hábitos dos usuários foi pequena e a ação de conscientização realizada foi apenas o envio de um e-mail aos mesmos informando da intenção de se medir o consumo de energia de seu PC e instalar nele um protetor de tela. Na etapa seguinte, quando se pretende efetivamente ativar o Energy Saver com um tempo de espera de 15 minutos em todas as máquinas, será necessário um novo conjunto de ações de esclarecimento quanto aos recursos a serem ativados, suas vantagens em relação à redução do consumo de energia e à necessidade da participação dos usuários nestas iniciativas conservacionistas por parte das empresas.

Espera-se que, na época da apresentação deste estudo no XVI SNPTEE, os dados relativos à última etapa do trabalho já estejam disponíveis para exibição.

#### **5.0 - BIBLIOGRAFIA**

- (1) Energy Star Office Equipment Program, <http://www.epa.gov/docs/GCDOAR/saving.html>.
- (2) Saidel, M. A., Alvarez A. L. M. Conservação de Energia em Microcomputadores Pessoais. Revista Eletricidade Moderna, Nº 283, out., 1997, pp. 70- 79.
- (3) Anuário Estatístico da USP, <http://www.recad.usp.br/di/anuario99/sumario.htm>