GESTÃO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES DAS INSTITUIÇÕES PÚBLICAS DE ENSINO: UM ESTUDO APLICADO AO SISTEMA DE ILUMINAÇÃO DA UTFPR SOB A ÓTICA TÉCNICA E ECONÔMICA

Andrea de Souza

Doutoranda e Mestre em tecnologia pela Universidade Federal do Paraná - UTFPR

Professora de Gestão e Economia da Universidade Federal do Paraná - UTFPR

asouza70@gmail.com

Christian Luiz da Silva

Doutor em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC

Professor do Doutorado em Tecnologia da Universidade Federal do Paraná - UTFPR

christiansilva@utfpr.edu.br

Eduardo Leite Kruger

Doutor em Arquitetura pela Universität Hannover/Alemanha

Professor do Doutorado em Tecnologia da Universidade Federal do Paraná - UTFPR

eduardo_krueger@ibest.com.br

Jorge Carlos Correa Guerra

Doutor em Administração pela American World University

Professor do Departamento de Gestão e Economia da Universidade Federal do Paraná - UTFPR

jccguerra@yahoo.com.br

RESUMO

Este trabalho apresenta os resultados de um estudo realizado na Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Curitiba, com o objetivo de analisar os atuais padrões de consumo de energia elétrica para iluminação de ambientes de suas instalações. A coleta de dados foi realizada por meio da inspeção de ambientes e análise das faturas de energia elétrica expedidas pela Copel no período 2000 a 2006. Por meio de indicadores de uso das instalações, foi possível identificar como o campus se comporta em relação a seus sistemas de iluminação de ambientes. No que diz respeito ao uso de tecnologias eficientes, verificou-se significativos potenciais de economia de energia elétrica. Sob a perspectiva econômica, por meio da análise de fluxo de caixa, constatou-se que com baixos investimentos e por meio da substituição de tecnologias obsoletas, é possível obter-se expressivas economias de recursos no pagamento pelo uso da energia destinada à iluminação. Tais resultados indicam que ações de conservação e efficientização poderão contribuir para o melhor aproveitamento dos recursos do Estado.

Palavras-chave: Economia de energia; Eficiência energética; Gestão de edificações públicas; Sistemas de iluminação.

MANAGEMENT OF ENERGY EFFICIENCY IN PUBLIC EDUCATION INSTITUTIONS BUILDINGS: A STUDY APPLIED TO LIGHTING SYSTEM OF UTFPR FROM THE TECHNICAL AND ECONOMIC PERSPECTIVE

ABSTRACT

Much has been discussed, on the rational and efficient use of natural resources, on the importance of energy conservation and efficiency as a way to mitigate environmental impacts created by expanding energy offers. According to PROCEL, public and commercial buildings are considered potential sources of energy economy, due to the pattern of their occupation and use characteristics. This study was carried out at the Technological University of Paraná, Campus Curitiba, and its main goal was to analyze the current pattern of electric energy consumption for lighting within the campus. Data collection was made by means of the inspection of workplaces and by the analysis of electric energy bills issued by the local concessionaire company COPEL in the period between 2000 and 2006. By means of use indicators of the spaces, it was possible to identify how the campus deals with the use of lighting systems. Regarding the use of efficient technologies, significant potentials for electric energy savings were verified. From the point of view of economics, by means of the cash flow analysis, it was noticed that with low investments and replacement of obsolete technologies, it is possible to achieve expressive savings on energy used for artificial lighting. The results indicate that actions of conservation and efficiency may contribute for the best use of the resources of the State.

Keywords: Energy economy; Energy efficiency; Lighting systems; PROCEL.

1 INTRODUÇÃO

A eficiência energética configura-se como um dos mais importantes elementos para a conservação de energia, constituindo-se numa variável resultante da interação entre fatores econômicos, políticos e sociais. Neste contexto, é influenciada diretamente por mudanças estruturais na economia, caracterizadas por alterações nos padrões tecnológicos e no consumo energético do sistema produtivo como um todo (Saidel et al., 2000).

As edificações públicas e comerciais, por suas naturais formas de ocupação e uso, são consideradas potenciais fontes de economia de energia. O governo federal ocupa, aproximadamente, 62% dos prédios públicos existentes no país e os gestores públicos, a despeito dos programas e incentivos governamentais, para agirem efetivamente na conservação e na eficiência destas edificações, têm demonstrado pouca preocupação com este problema, dados os crescentes aumentos nos gastos com a conta de energia elétrica, beirando, inclusive, o desperdício.

O objetivo geral deste estudo é analisar a gestão da eficiência energética a partir dos padrões de consumo de energia elétrica para iluminação de ambientes de ensino aplicado ao prédio público da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Curitiba, sob a ótica técnica e econômica. Esta pesquisa também se propõe a desenvolver uma abordagem prática, na medida em que contribui com informações atuais que poderão apoiar gestores na tomada de decisão para otimizar o fluxo de caixa, melhorar o conforto dos usuários e contribuir para minimizar os problemas decorrentes do mau uso da energia elétrica. Este artigo está organizado em seis seções, incluindo esta introdução. A segunda, trata do marco teórico sobre conservação e eficiência energética no Brasil. Em seguida, discute-se o uso racional de energia elétrica e iluminação, que serão objetos de análise no estudo de caso. A quarta seção apresenta a metodologia de pesquisa e a quinta, trata dos resultados alcançados. Por fim, a sexta seção apresenta as considerações finais e a proposta de novos trabalhos.

2 PRINCIPAIS MARCOS SOBRE A TEMÁTICA CONSERVAÇÃO E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NO BRASIL

No contexto dos choques do petróleo da década de 1970 e princípio da década de 1980, criou-se no país a percepção de escassez de recursos, elevando o preço dos energéticos e oportunizando a justificativa para novos investimentos no aumento da produção do petróleo nacional, em conservação e maior eficiência no uso dos seus derivados e na diversificação de fontes alternativas de energia (Martins et al., 1999).

No entanto, após o primeiro e segundo choque do petróleo, na década de 1980, novos problemas ganharam visibilidade política. Martins et al. (1999), destacam a crescente utilização da eletricidade para fins térmicos no setor industrial, e o resultado disso, segundo os autores, foi o processo de transferência da responsabilidade sobre a conservação de energia para o setor elétrico. Outra pressão sobre a oferta de energia elétrica diz respeito às crescentes preocupações com o meio ambiente e aos questionamentos relativos ao grande desperdício de energia elétrica verificados. Dessa forma, a saída encontrada naquela conjuntura foi a implementação de uma política de conservação de energia elétrica, conforme relacionado por Guerreiro (2006).

- 1984 A partir de um protocolo firmado pelo governo (Ministério de Desenvolvimento Indústria e Comércio - MDIC) com a indústria (Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica - Abinee) foi criado o Programa Brasileiro de Etiquetagem – PBE, coordenado pelo Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (Inmetro)
- 1985 Foi criado o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica – Procel, vinculado ao Ministério de Minas e Energia (MME) e com a coordenação executiva da Eletrobrás
- 1991 Foi criado o Programa Nacional de Conservação de Petróleo e Derivados – Conpet, também vinculado ao MME e com a coordenação executiva da

Petrobrás

- 2001 Racionamento: Lei nº 10295 Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia

Cabe salientar que, em 1998, houve a obrigação de investimentos em programas de conservação pelas concessionárias, sob fiscalização da Agência Nacional de Energia Elétrica - Aneel (ratificado pela Lei nº 9.991 de 2000 e alterações subsequentes) e que, em 2001, com o racionamento de energia elétrica, diversas medidas de incentivo foram estimuladas, com destaque para a Lei nº 10.295 que dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia (Guerreiro, 2006).

O Procel iniciou suas ações de economia de energia em prédios públicos em 1997 e uma de suas importantes iniciativas foi a criação das Comissões Internas de Conservação de Energia - CICE, que foram implantadas em órgãos da administração federal, por meio do Decreto Presidencial nº 99.656 de 26 de outubro de 1990 cujo consumo anual de energia elétrica superasse 600 mil MWh/ano. Para coordenar as ações das CICEs, foi instituída, por Decreto, em 22 de fevereiro de 1991, a Comissão de Conservação de Energia na Administração Federal – CCEAF, composta por setores do Governo Federal; a Presidência da República; a Secretaria de Ciência e Tecnologia; a Secretaria de Energia; o Procel e o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq (Secretaria-Executiva da CCEAF). Atualmente o Procel Prédios Públicos, conhecido também como Procel EPP, passa por um processo interno de reestruturação. As unidades em âmbito federal, estadual e municipal devem promover a economia de energia, a melhoria na qualidade dos sistemas de iluminação, refrigeração e demais sistemas relevantes e a atualização tecnológica em seus laboratórios (Procel, 2006). As edificações públicas, considerando-se as esferas do governo federal estadual e municipal, representam aproximadamente 3,2% de toda a energia elétrica consumida no país. Devido às características construtivas e padrões de uso destas edificações, entre os maiores consumidores de energia, destacam-se a iluminação de ambientes, onde o Procel estima um potencial de economia em torno de 20% se ações de efficientização forem adotadas.

Com o início da privatização das empresas concessionárias de distribuição de energia elétrica, foram necessários ajustes para reforçar a importância de políticas de uso racional de energia elétrica (Haddad, 2002). Entre os principais marcos legais institucionais, destaca-se a Lei nº 10.295, de 17 de outubro de 2001, que trata do estabelecimento dos níveis máximos de consumo específico de energia, ou mínimos de eficiência energética de máquinas e aparelhos consumidores de energia fabricados e comercializados no país. A Lei de Eficiência Energética é, atualmente, o principal instrumento legal das ações governamentais e projeta-se que, em longo prazo, sua aplicação deverá melhorar o nível dos equipamentos consumidos pela população. A operacionalização é realizada por comitês técnicos formados por entidades como o Conpet, Procel, Inmetro, Centros de Pesquisas etc., que negociam com o governo e fabricantes os índices de eficiência energética dos produtos comercializados (Sauer, 2005). Outro importante marco foi a Lei nº 10.847, 2004, que autorizou a criação da Empresa de Pesquisa Energética (EPE), cujo objetivo do art 2º é “[...] prestar serviços na área de estudos e pesquisas destinadas a subsidiar o planejamento do setor energético, tais como energia elétrica, petróleo e gás natural e seus derivados, carvão mineral, fontes energéticas renováveis e eficiência energética, dentre outras.”

Em 2007, foi realizado um primeiro esboço de uma norma brasileira para etiquetagem de edificações comerciais, públicas e de serviços (Regulamento Técnico de Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos - RTQ). A versão final desse documento encontra-se disponível no Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (Inmetro - <http://www.inmetro.gov.br/>). O RTQ define “edificações comerciais, públicas e de serviços” como aquelas, públicas ou privadas, que não se voltam nem para fins residenciais nem comerciais, prescrevendo para os mesmos níveis de eficiência energética relacionados a itens

específicos, tais como os sistemas de iluminação, de climatização e a envoltória (componentes externos da edificação, paredes externas e cobertura). Embora as recomendações tenham uma aplicação voluntária, estas deverão tornar-se mandatórias, a princípio a partir de 2013-2014. O RTQ é aplicável a edificações com área mínima construída de 500m² e/ou com tensão de abastecimento igual ou acima de 2,3kV, incluindo edificações climatizadas e não-climatizadas.

As recomendações do RTQ englobam: eficiência energética e potência instalada em sistemas de iluminação artificial, eficiência do sistema de climatização e desempenho geral da envoltória. Essas três áreas são classificadas por nível de eficiência (A-E), de acordo com critérios específicos e tanto durante o projeto quanto após a construção (Figura 1). Uma única classificação é dada ao edifício, a partir de pesos atribuídos a cada área avaliada, e assim distribuídos: 30% envoltória, 30% iluminação e 40% condicionamento do ar.

Figura 1: Etiquetas para fase de projeto (a) e para a obra concluída (b).

Fonte: Inmetro - <http://www.inmetro.gov.br/>.

Neste contexto, a busca pelo uso racional de energia tornou-se um marco legal e uma necessidade para as diferentes instituições, como será abordado na próxima seção.

3 USO RACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA E A ILUMINAÇÃO

Dados da pesquisa de Tupiassú e Pinho (2006), mostram que a utilização de energia elétrica tem crescido exponencialmente nos últimos anos. De acordo com os autores, no Brasil, a eletricidade participa com 15,8% da energia secundária, sendo que no setor público, 76% da energia consumida é em eletricidade. Levando-se em conta que o metro quadrado de construção custa cerca de US\$ 250, e que para suprir esta mesma edificação em energia elétrica, o setor energético investe US\$ 400/m², a iluminação converte-se num item relevante na análise e consequente tomada de decisão de investidores (Tupiassú; Pinho 2006).

Alvarez (1998) afirma que comumente os gestores das edificações públicas incorrem no erro de escolher um sistema de iluminação considerando apenas seu custo inicial, ignorando as análises econômicas, os custos relacionados com o consumo de energia elétrica, substituição, manutenção e, especialmente, a perda ou redução de produtividade dos usuários destes ambientes. Os novos projetos de iluminação, segundo a Copel (2005), devem considerar como pontos principais requisitos máximos de aproveitamento de luz natural, com observância da Norma NBR-5413 sobre iluminância de interiores, circuitos independentes, sistemas que permitam desviar o calor gerado

pela iluminação para fora do ambiente, seleção cuidadosa de lâmpadas e luminárias, em que se busca conforto visual com mínima carga térmica ambiental e utilização de relés fotoelétricos para controlar o número de lâmpadas acesas. Adicionalmente a tais características e visando a maiores níveis de eficiência energética em sistemas de iluminação, os padrões do RTQ procurem nortear novas edificações comerciais, públicas e de serviços, contribuindo com níveis aceitáveis de densidade de potência em iluminação por área construída (W/m^2) para ambientes específicos e por nível de eficiência almejados.

O Procel concede o chamado Selo Verde a vários equipamentos, tais como lâmpadas, refrigeradores, reatores e outros itens. No caso particular das lâmpadas, o Procel instituiu o Selo Procel Inmetro de Desempenho, que deve estar sempre afixado às lâmpadas eficientes. O Selo Procel Inmetro de Desempenho é concedido, anualmente, desde novembro de 1998, aos produtos nacionais ou estrangeiros, etiquetados pelo Programa Brasileiro de Etiquetagem - PBE desde que atendam aos níveis mínimos de eficiência e qualidade definidos pelo programa (Procel, 2006).

As lâmpadas fluorescentes compactas possuem baixa potência (5W a 36W) e podem ser utilizadas em diversas situações que tradicionalmente utilizam-se lâmpadas incandescentes. Estas lâmpadas ficaram populares durante o racionamento de energia elétrica em 2001, quando a mídia alertava a população sobre a importância de substituição de seus sistemas de iluminação tradicionais por modelos mais econômicos em potência (baixo consumo) e vida útil estimada em 5.000 horas. Lâmpadas com menos de 5.000 horas de vida útil não chegam a ser economicamente viáveis. A figura 2 mostra uma comparação entre as lâmpadas fluorescentes compactas e as incandescentes. Aquelas, por serem lâmpadas de descarga, chegam a poupar até 80% da energia, no entanto, essas lâmpadas são realmente econômicas quando têm uma vida útil mais longa.

LÂMPADAS FLUORESCENTES COMPACTAS Reator integrado (com base E27)			LÂMPADAS INCANDESCENTES	
Potência Lâmpada (Watt)	Potência total (incluindo reator/(Watt))	Fluxo Luminoso (lúmen)	Potência (Watt)	Fluxo Luminoso (lúmen)
5	10	250	25	220
7	11	400	40	470
9	12	600	60	780
11	14	900	75	980
13	17	900	75	980
23	27	2700	100	1620

Figura 2: Comparação entre modelos de lâmpadas.

Fonte: Copel (2005 p. 48).

Assim, deve-se analisar na hora da compra, qual a durabilidade em horas, posto que existem lâmpadas compactas, especialmente as eletrônicas de uso doméstico, com vida útil de 15.000 horas até inexpressivas 3.000 horas (Osram, 2006).

Um sistema de iluminação economicamente viável é composto por lâmpada, luminária eficiente e reator eletrônico. Com respeito aos requisitos que uma luminária deve possuir, a Copel (2005) destaca a importância do alto rendimento inicial, conseguindo passar ao ambiente o máximo do fluxo luminoso que a lâmpada emite; a correta distribuição luminosa, boa conservação do fluxo luminoso no decorrer do uso e pouca interferência com a lâmpada. Para a ignição e a estabilização da corrente da lâmpada, o dispositivo utilizado é o reator, onde os de boa qualidade poderão reduzir as perdas e o consumo de energia. Nos produtos de qualidade inferior, as perdas podem chegar até 60% do consumo final da instalação. Segundo o manual da Copel (2005), a vida útil média de um reator é de 10 anos ou superior para os produtos de boa qualidade.

Do ponto de vista das áreas edificadas, o RTQ propõe então a classificação de cada ambiente de acordo com o quesito 'sistemas de iluminação' segundo a potência total ali instalada para

O procedimento de coleta de dados compreendeu levantamento por inspeção quando se obteve informações sobre as características físicas e os hábitos de uso das instalações do Campus Curitiba. Nesta fase, foi montada uma equipe de trabalho composta por três graduandos do curso de engenharia, sendo dois estudantes da UTFPR, Campus Curitiba, do quinto período do curso de engenharia eletrotécnica e um estudante do segundo período do curso de engenharia elétrica da Universidade Federal do Paraná – UFPR. O processo de seleção foi dividido em duas partes: (a) recrutamento por meio de divulgação no próprio Campus e na UFPR e (b) análise de *curriculum vitae* e entrevista realizada com a pesquisadora e o co-orientador para verificar se o perfil atendia à demanda do projeto. As atividades consistiram na inspeção e transcrição individual em planilhas apropriadas que descreveram as condições gerais de todos os ambientes em suas áreas internas e externas. Esta atividade teve duração de três meses, em períodos alternados da manhã e tarde, com início na primeira semana do mês de outubro de 2006 e término na primeira semana de novembro do mesmo ano.

Para análise dos padrões de gastos, foram retiradas informações das faturas de consumo de energia elétrica expedidas pela concessionária local Copel. Estes documentos forneceram informações importantes sobre o uso da energia elétrica da edificação, constituindo-se uma base de dados confiável e de fácil acesso. A figura 4 relaciona a metragem (m^2), potência total instalada em iluminação, e a descrição das principais atividades (ocupação) de cada bloco inspecionado.

LOCAL	PRINCIPAIS ATIVIDADES	ÁREA INSPICIONADA (m^2)	POTÊNCIA INSTALADA EM ILUMINAÇÃO (W)
A	Salas de aula e laboratórios.	2.389	49.101
B	Salas de aula, departamento de informática e de eletrotécnica.	1.527	32.100
C	Salas de aula, áreas destinadas aos cursos de pós-graduação.	1.983	37.706
D	Salas de aula e laboratórios.	2.293	29.179
E	Salas de aula, instalações da CEF, Banco do Brasil, departamento de matemática, comunicação, expedição e protocolo, gestão e economia.	3.386	44.649
F	Departamento da construção civil, laboratório de hidráulica, departamento de desenho industrial e de estudos sociais.	971	13.064
G	Marcenaria, laboratórios, oficina de apoio	934	16.666
H	Departamento de projetos e atividades administrativas	450	5.342
I	Sala de videoconferência e laboratórios.	313	5.475
J	Administração.	2.561	37.728
K	Secretaria e administração.	639	6.470
L	Biblioteca, departamento de mecânica, pátio coberto	2.017	28.987
M	Marcenaria, salas de aula, cantina	1.622	18.955
N	Gráfica, ambulatório, gráficas, ambulatório departamento de física, química e biologia, línguas, salas de aula e laboratórios	3.243	44.202
P	Atividades administrativas.	150	1.492

Q	Hotel tecnol. eletrônica, salas aula e laboratórios.	3.667	40.620
GINÁSIO	Área esportiva externa	782	10.527
QUADRA	Área esportiva coberta	1.424	7.938
PISCINA e ACADEMIA	Área esportiva coberta	1.052	10.451
MINI GINÁSIO	Área esportiva coberta	568	8.000
CORREDORES	Áreas comuns	2.501	20.442
PÁTIOS	Áreas externas	3.154	2.324
TEATRO	Área coberta	1.126	3.416
TOTAIS		38.753	474.832

Figura 4: Principais atividades dos blocos da UTFPR Campus Curitiba.

Fonte: Pesquisa de campo.

As faturas de energia elétrica forneceram informações em horários do dia (ponta e fora da ponta) e em períodos do ano (seco e úmido). Observa-se que as informações disponíveis nas faturas de energia elétrica são calculadas para um período de, aproximadamente, 30 dias, e a série histórica utilizada para a pesquisa compreendeu o período entre 2000 e 2006. Os principais termos utilizados nas faturas de energia elétrica seguiram as definições padronizadas pela concessionária Copel (2006), de acordo com a Resolução 456 da Aneel.

A partir das informações coletadas no levantamento por inspeção e na análise das faturas de energia elétrica, foi possível quantificar o consumo de energia em (kWh) para uso final em iluminação de ambientes do Campus Curitiba.

As horas úteis foram estipuladas com base nas atividades verificadas durante o levantamento de campo e comparadas com a média de horas úteis trabalhadas em outras universidades. O critério de dias de uso no mês foi de 22 dias úteis, que se aproxima da média dos dias letivos dos cursos da UTFPR, Campus Curitiba, e também da média de dias úteis trabalhados na maior parte dos meses do ano, já considerados feriados e recessos.

A análise das faturas de energia elétrica expedidas pela Copel no período entre 2000 a 2006 pretendeu verificar as questões operacionais, tais como evolução do preço das tarifas, desembolsos anuais com energia elétrica, evolução do montante de pagamentos de encargos e multas por atraso e outras informações relacionadas à gestão de curto prazo dos recursos direcionados ao pagamento das contas de energia elétrica. Para avaliar o retorno econômico da substituição de sistemas de iluminação eficientes (entenda-se por eficiente o conjunto luminária com refletor de alumínio, reator eletrônico e lâmpada econômica de 32W), foi utilizado o método do fluxo de caixa. De acordo com Rebelatto (2004), tal análise consiste no estudo de fluxos de caixa, desembolsos de capital (saídas de caixa) e retornos de investimentos (entradas de caixa) de um projeto para avaliar a sua viabilidade econômica no longo prazo (10 anos).

O Fluxo de Caixa 1 considerou a substituição de luminárias do tipo Comercial Plafonier BB por luminárias com refletor de alumínio para duas lâmpadas de 32W e reator eletrônico e o Fluxo de Caixa 2 considerou a substituição das lâmpadas de 40W instaladas indevidamente nas luminárias consideradas eficientes. As premissas adotadas para a elaboração dos fluxos de caixa (atualização dos valores das economias geradas) foram: (a) inflação média de 3% a.a. para os próximos 10 anos de acordo com o Ministério do Planejamento do Banco Central do Brasil; (b) reajuste real do preço da energia elétrica 5% a.a., dados estimados pela Eletrobrás e demais agentes envolvidos no mercado energético; (c) utilização média dos sistemas de iluminação 12 horas diárias; (d) consumo estimado para 22 dias úteis; (e) substituição das lâmpadas fluorescentes a cada dois anos; (f) as luminárias possuem vida média útil em torno de 10 anos; (g) a composição de uma tarifa média

com 73% do valor calculado em horário de ponta e 27% em horário fora de ponta, válidas para o mês de dezembro de 2006, no sistema de tarifação horo-sazonal verde.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Análise das faturas para pagamento de energia elétrica

A edificação do Campus Curitiba possui 15 blocos distribuídos em atividades administrativas e de ensino, áreas esportivas e áreas comuns de circulação (pátios e corredores). A análise das faturas concentrou-se na evolução dos valores pagos em (R\$) pelo consumo efetivo de energia, consumos expressos em kWh e no esclarecimento de questões relacionadas à gestão de tarifas. O objetivo foi compreender as possíveis causas do comportamento destes padrões de consumo do campus que geraram os desembolsos relacionados no gráfico 1.

Verificou-se que entre os anos de 2000 até agosto de 2006, o Campus Curitiba estava enquadrado no Grupo A4 entre 2,3 a 25 kV consumidor de alta tensão. Adotou-se o critério de faturamento bruto e líquido (para dados de consumo em R\$) para que fosse possível desagregar das faturas, os valores que não estavam relacionados ao consumo direto da eletricidade. O faturamento bruto diz respeito ao valor total da fatura em reais (R\$) pago à Copel, incluídos valores com multas e juros por atraso de pagamentos, encargos de capacidade emergencial e outros. O faturamento líquido considera apenas a energia elétrica efetivamente utilizada pela instalação. De acordo com a área financeira da UTFPR, do Campus Curitiba, em 2006, o valor total do orçamento para custeio das atividades da universidade foi de R\$ 6.170.000,00 (seis milhões, cento e setenta mil reais).

Em 2006, foram gastos 11,77% do orçamento para pagamento de faturas de energia elétrica. As variações percentuais foram comparadas em relação ao ano anterior e referem-se ao faturamento líquido. Observou-se que nos anos de 2001 e 2002 houve expressivas variações positivas, mas há de se considerar o pagamento de valores extras na fatura, tais como multas e encargos por atraso de pagamento, o que não ocorreu no ano de 2003. Nos anos de 2004 e 2005, as variações mantiveram-se em 23%, destacando-se que no ano de 2004 foram pagos valores de importe por ultrapassagem. O ano de 2006 apresentou uma variação discreta de 3% em relação ao ano de 2005 nos valores pagos à concessionária, conforme mostrado na figura 5.

Figura 5: Desembolsos para pagamento de faturas de energia UTFPR.

Fonte: Copel (2000-06).

Os valores brutos faturados para energia elétrica vêm crescendo significativamente, verificando-se uma variação de 131% se comparado o ano de 2000 em relação a 2006. Durante o período da crise de abastecimento em 2001, não houve variação expressiva nos valores mensais

desembolsados com energia. O menor valor pago ocorreu em janeiro de 2001 (R\$ 25.525,00), no entanto, janeiro é um típico mês de férias, e o maior, em julho de 2001 (R\$ 36.709,00) mês subsequente ao reajuste tarifário previsto na legislação. O valor médio pago no ano de 2001 foi de R\$ 31.945,00, considerado dentro da média daquele ano, se for levado em conta a situação de racionamento naquela época. Não houve discrepância em relação aos valores mensais pagos durante todo o ano de 2001 até fevereiro de 2002 quando o suprimento de energia voltou à normalidade. Este padrão de consumo pode ser justificado pelo fato de a região Sul não ter sido seriamente afetada pelo racionamento da energia elétrica como foram outras regiões como Norte e Nordeste. Há de considerar que, neste período, a CICE do Campus Curitiba implementou programas de eficiência energética e campanhas de sensibilização dos usuários, no entanto, estas iniciativas não possuem registros para que possam ser utilizadas como embasamento nesta análise.

Quando se comparou a evolução dos valores desembolsados para pagamento de energia elétrica com a expansão do próprio Campus, observou-se que em 2000 havia 42.903 m² de área útil construída¹ contra os atuais 43.624 m², um crescimento de 1,68% se comparado o ano de 2000 com o ano de 2006². Entende-se que não há relação entre a discreta expansão do Campus e o aumento dos valores desembolsados para pagamento das faturas de energia. Na verdade, a infraestrutura disponível manteve-se enquanto os valores pagos aumentaram expressivamente no período. Com relação ao número total de usuários regulares (total de professores na ativa, alunos matriculados regularmente, técnicos administrativos na ativa e os estagiários), a variação foi de 66% ao se comparar o ano de 2000 com o ano de 2006.

Pode-se dizer que há uma relação direta entre os valores pagos pelo consumo de energia elétrica e o aumento do número de usuários do Campus. Enquanto o número de usuários quase duplicou no período, os valores desembolsados variaram 131% se comparado o ano de 2000 com o ano de 2006. Como dado complementar, a média anual de gastos com energia por aluno matriculado para a série estudada foi de R\$ 45,00 e para os docentes R\$ 773,00, não se considerando, no caso dos alunos, os períodos em que estão matriculados nem o regime de trabalho. Trata-se de um indicador seco que levou em consideração os desembolsos de consumo bruto da eletricidade. Em 2006, cada aluno consumiu 6,63 kWh mês em iluminação, os docentes 151,82 kWh mês e demais usuários 200 kWh mês (Relatório de Prestação de Contas da UTFPR). Em relação aos outros valores pagos na fatura de energia, na Tabela 2 tem-se para o período em análise o montante de R\$ 102.710,00, ou 3% do total de todos os valores pagos entre 2000 e 2006. Entre março de 2002 e dezembro de 2005, foi instituído o encargo de capacidade emergencial que tinha por finalidade a contratação e manutenção de Usinas Térmicas Emergenciais, caso houvesse risco de apagão. Estes valores representaram 70% do total de todos os outros valores pagos em energia elétrica, 16% foram atribuídos ao pagamento de juros e multas por atraso na quitação das faturas e os demais 14% para pagamento de extras que não consumo efetivo de eletricidade. Excetuando-se os encargos de capacidade emergencial, observaram-se desperdícios de recursos pelos pagamentos realizados em atraso, que ocorreram com maior frequência entre os anos de 2000 e 2002, voltando a ocorrer somente em 2006.

¹ Entenda-se por área útil construída salas de aula, laboratórios, outros ambientes de ensino como biblioteca e sala de professores, ambientes administrativos e esportivos e o teatro. Este critério é adotado no relatório de prestação de contas da UTFPR, Campus Curitiba, junto ao Tribunal de Contas da União.

² A área construída no ano de 2006 considerou 42.903 m² e o ano de 2003 considerou 43.620 m². Esta metragem foi ajustada em relação às informações disponíveis no Relatório de Prestação de Contas da UTFPR, Campus Curitiba (2000 – 03), porque a fonte apresentou informações discrepantes e incongruentes que poderiam comprometer as análises pretendidas.

Tabela 2: Outros valores pagos na fatura de energia 2000-06 UTFPR.

Ano	Multas (1,00 R\$)	Seguro Apagão (1,00 R\$)	C.I.P (1,00 R\$)	Importe Ultrapassagem (1,00 R\$)	Aquisição Energia (1,00 R\$)	I.D.D.C. (1,00 R\$)	Total (1,00 R\$)
2000	4.262	-	-	-	-	-	4.263
2001	6.696	-	-	-	-	-	6.696
2002	4.001	13.563	-	-	-	-	17.565
2003	-	19.095	55	-	-	-	19.151
2004	-	23.557	60	2.359	766	-	26.744
2005	-	15.244	71	-	-	-	15.316
2006	1.293	-	75	-	-	11.607	12.976
TOTAIS	16.254	71.462	261	2.359	766	1.608	02.710

Fonte: Copel (2000-06).

- (a) C.I.P. – Contribuição para Iluminação Pública
- (b) I.D.D.C. – Importe de Diferenças de Demanda Contratada

A definição e o reajuste tarifário é competência da Aneel que tem por maior desafio alinhar os interesses das concessionárias aos dos usuários. Os tributos relacionados pela Copel (2006) são: a Contribuição para o Programa de Integração Social – Pis e a Contribuição Social sobre o Faturamento - Cofins que, juntas, totalizam 5,9% mais o Imposto sobre a Circulação de Mercadorias e Serviços e sobre a Prestação de Serviços de Transporte Interestadual e Intermunicipal e de Comunicações - ICMS cuja alíquota para o Estado do Paraná é de 27%, embutidos no preço final a pagar, apresentando-se de forma destacada na fatura. Desagregando a fatura de energia elétrica, verifica-se que os encargos e tributos obrigatórios representam 44,3% do total da fatura de energia elétrica. No caso da energia elétrica, não existe possibilidade de não recolhimento dos tributos devidos por parte dos usuários, pois o contrato prevê a suspensão dos serviços, conforme disposto na cláusula quinta – da suspensão do fornecimento - de todos os contratos de adesão.

Em relação à evolução dos valores das tarifas, verificou-se um cenário de crescentes aumentos. De acordo com a Aneel (2007), o período tarifário iniciou em 1º de julho do ano de publicação das tarifas até 30 de junho do ano subsequente. Para esta análise foram consideradas as tarifas da Copel vigentes no período de janeiro de 2000 a agosto de 2006. A partir de setembro de 2006, houve mudança do sistema tarifário do Campus Curitiba da UTFPR, passando de horosazonal tarifa azul para horosazonal tarifa verde. Os meses de setembro a dezembro de 2006 não foram considerados nesta análise para evitar distorções no resultado final da série histórica.

A tarifa de consumo reflete o valor da moeda corrente, do kWh de energia utilizada em determinado segmento horosazonal³. A figura 6 mostra que a evolução das tarifas de consumo na ponta⁴, expressas em kWh variou entre R\$ 0,10288, o menor valor verificado no ano de 2000, e R\$ 0,21595, em julho de 2005. Fora da ponta, o menor valor apareceu em julho de 2000, R\$ 0,04891 e o maior em julho de 2005 R\$ 0,11834. Observe-se que no ano de 2006 as tarifas decresceram discretamente em relação ao ano de 2005. Quando a concessionária foi questionada a este respeito, obteve-se a seguinte justificativa:

No reajuste anterior, ocorrido em 24/06/2005, o componente financeiro incorporado correspondeu a 9,05% da tarifa aplicada, com vigência até 23/06/2006. No reajuste aplicado em 24/06/2006, foram excluídos da base

³ A Portaria 466/98/DNAEE (12 de novembro de 1997) – estabelece as condições gerais de fornecimento de energia elétrica e serem observadas tanto pelas concessionárias quanto pelos consumidores.

⁴ O horário de ponta é o período de 3 (três) horas consecutivas exceto sábados, domingos e feriados nacionais, definido pela concessionária em função das características de seu sistema elétrico. Em algumas modalidades tarifárias, nesse horário a demanda e o consumo de energia elétrica têm preços mais elevados; O horário fora de ponta corresponde às demais 21 horas do dia.

tarifária aqueles 9,05% concedidos no ano anterior, e aplicado o novo índice de reajuste de 5,12% (Koprik, 2007) ⁵.

Figura 6: Evolução das tarifas de consumo de energia elétrica UTFPR.

Fonte: Copel (2000-06).

A Aneel tem aplicado diferentes índices de reajuste a cada nível de tensão, e em razão do processo de realinhamento tarifário objetiva eliminar os subsídios cruzados existentes nas tarifas dos consumidores enquadrados nas classes de baixa tensão em relação aos consumidores atendidos em alta tensão. Este processo tem a finalidade de fazer com que todos os consumidores paguem o mesmo valor pela energia adquirida e valores diferenciados pelos encargos de uso dos sistemas de transmissão e distribuição sejam proporcionais à utilização destes sistemas (Koprik, 2007). De acordo com o Banco Central do Brasil - BCB (2007), a energia elétrica é um serviço cujo preço é administrado pelo governo por meio da Aneel, razão pela qual é insensível a variação da oferta e demanda de mercado. Outra importante variável que impacta diretamente no preço das tarifas é a influência da variação do câmbio, dado que em torno de 24% da energia total consumida no Brasil são gerados por Itaipu e precificados em dólares.

5.2 Análise do consumo de energia elétrica

Todas as informações referentes às análises das condições gerais do sistema de iluminação do Campus Curitiba estão relacionadas na Tabela 2. Foram inspecionados 436 ambientes sendo 50% deles utilizados para atividades acadêmicas, distribuídos em salas de aula, sala de professores e laboratórios. O levantamento por inspeção identificou 150 modelos distintos de sistemas de iluminação instalados, incluindo-se 5.853 luminárias e 10.896 lâmpadas de potências variadas, sendo em 95% dos casos utilizadas lâmpadas fluorescentes. O maior número de sistemas de iluminação instalados foi identificado nos blocos D, N e Q, onde a quase totalidade das atividades são acadêmicas: salas de aula, laboratórios e sala de professores. O bloco D possui o maior número de luminárias instaladas 690 conjuntos para uma área útil inspecionada de 2.293 m². O bloco Q possui 3.667 m² (a maior área útil verificada) para 578 conjuntos instalados, uma diferença de 112 conjuntos de iluminação a menos disponíveis comparativamente ao bloco D que possui uma área menor.

⁵ Wilson Koprik é responsável pela área de tarifas da Copel e prestou informações à pesquisadora em uma reunião para esclarecimentos de dúvidas sobre o processo de tarifação, que ocorreu no dia 22/01/2007 nas dependências da Copel em Curitiba (PR).

As condições gerais do sistema de iluminação do Campus Curitiba podem ser consideradas satisfatórias. Cabe observar que não foram feitas medições diretas de modo que as análises estão embasadas unicamente nas observações dos ambientes inspecionados e nas informações retiradas das faturas expedidas pela concessionária local.

5.3 Condições de eficiência energética verificadas

- Das inspeções realizadas, as seguintes observações puderam ser feitas: 59% do total global da fatura de energia elétrica (kWh/mês) é destinado à iluminação de ambientes ou 106.278 kWh/mês;
- a potência instalada em iluminação por área iluminada é de 12,25 W/m²;
- o consumo por área útil da instalação é de 2,7 kWh /m² mês;
- 49% é a taxa de sistemas de iluminação eficientes encontrados no Campus Curitiba;
- 95% das lâmpadas utilizadas são fluorescentes, no entanto apenas 53% do total das lâmpadas instaladas são econômicas (32W);
- 88% da iluminação artificial do Campus Curitiba é satisfatória se for considerar a baixíssima taxa de sistemas inoperantes (1%);
- A distribuição dos interruptores pode ser considerada ruim: um único ou, no máximo, dois acionamentos para um grande conjunto de luminárias.

Das observações acima, pode-se verificar que a densidade de potência em iluminação está pouco abaixo do valor máximo em DPI para o nível B de eficiência, segundo a tabela 3, que é de 12,3W/m². Se, de uma forma geral, obteve-se bom grau de eficiência energética no sistema de iluminação como um todo, ao observar-se mais cuidadosamente a tabela 3, nota-se que diversos ambientes, principalmente aqueles compostos de salas de aula, apresentam níveis de eficiência energética inferiores a “B”. Examinando-se o Bloco A, por exemplo, pode-se observar que a potência instalada em iluminação por área inspecionada, conforme tabela 3, ultrapassa em muito o nível mais baixo de eficiência, com um valor médio da DPI superior a 20 W/m².

Em estudo mais detalhado realizado no bloco E, denominado “Bloco das Engenharias”, comprovou-se que diversas salas de aula apresentam níveis de eficiência em sistemas de iluminação artificial variando entre “C” e “E” (Fonseca et al., 2008) – dados revisados segundo a atual versão do RTQ). Este mesmo estudo mostrou, por outro lado, grande potencial de utilização de luz natural naqueles ambientes, mesmo em dias de céu encoberto (Fonseca, 2009). Uma estimativa da redução do consumo em eletricidade para iluminação artificial, exclusivamente para os períodos do dia e do ano em que o aproveitamento de luz natural não seria possível (considerando-se uma divisão dos circuitos de iluminação em relação à área envidraçada), com retrofit do sistema de iluminação, isto é, aumentando-se sua eficiência para o nível “A” segundo o RTQ, mostrou períodos de retorno de investimento, *payback*, variando entre 22 e 61 meses (1,8-5,1 anos), sendo o período maior para aqueles ambientes mais iluminados naturalmente (Krüger e Fonseca, 2010).

Tabela 3: Síntese dos resultados apurados por bloco da edificação.

TOTAIS	BI.A	BI.B	BI.C	BI.D	BI.E	BI.F	BI.G	BI.H	BI.I	BI.J	BI.K	BI.L	BI.M	BI.N	BI.P	BI.Q	Ginásio	Quadra	Piscina	Minig.	Corredores	Pátios	Teatro	RES. EDIFICAÇÃO
Área útil (m ²)	2.389	1.527	1.983	2.293	3.386	971	934	450	313	2.561	639	2.017	1.622	3.243	150	3.667	782	1.424	1.052	568	2.501	3.154	1.126	38.753
Amb. inspecionados	36	31	35	20	49	18	8	7	7	47	7	7	15	57	2	56	8	2	5	1	9	9	0	436
Amb. ensino	24	22	26	13	28	12	6	0	5	0	0	3	6	35	0	38	0	1	0	0	0	0	0	219
Modelos lumin.	8	5	5	3	12	6	2	5	3	22	5	11	8	15	3	17	2	3	3	0	3	0	9	150
Luminárias instaladas	431	291	373	690	395	247	191	132	72	497	112	457	289	599	33	578	29	18	89	0	299	0	31	5.853
Lum. eficientes inst.	98	73	106	637	90	234	0	21	24	79	89	341	161	407	14	396	3	0	0	0	66	0	30	2.869
% Lum. eficientes	23%	25%	28%	92%	23%	95%	-	16%	33%	16%	79%	75%	56%	68%	42%	69%	10%	-	-	-	22%	-	-	49%
Lâmpadas instaladas	808	537	587	875	1.048	396	380	146	163	1.078	194	826	495	1.240	50	1.104	101	50	157	20	537	28	76	10.896
Lamp. Fluor. (32W)	26%	30%	18%	94%	29%	97%	19%	25%	42%	27%	87%	81%	49%	73%	56%	76%	24%	28%	25%	-	67%	-	45%	53%
(W) Iluminação	49.101	32.100	37.706	29.179	44.649	13.064	16.666	5.342	5.475	37.728	6.470	28.987	18.955	44.202	1.492	40.620	10.527	7.938	10.451	8.000	20.442	2.324	3.416	474.832
Relação W/m ²	20,55	21,02	19,01	12,73	13,19	13,45	17,84	11,87	17,51	14,73	10,12	14,37	11,69	13,63	9,95	11,08	13,46	5,57	10,02	14,08	8,17	0,74	3,03	12,25
Interruptores instalados	96	84	66	155	132	64	20	35	27	205	31	65	59	172	9	143	20	6	16	-	8	4	8	1.425
(W) ilum./nr. interrup.	511	382	571	188	338	204	833	153	203	184	209	446	321	257	166	284	526	1.323	659	-	2.555	581	427	333
Área ilum. p/nr. interrup.	25	18	30	15	26	15	47	13	12	12	21	31	27	19	17	26	39	237	66	-	313	788	141	27
Sistemas Inoperantes	2	2	3	11	8	2	1	1	3	9	-	3	17	17	1	6	-	-	1	1	1	-	9	98
(kWh/mês) Iluminação	12.809	8.647	10.141	6.748	11.332	3.229	4.016	1.175	1.089	8.300	1.423	7.546	4.451	10.514	410	10.032	695	524	690	352	1.799	205	150	106.278
(W) Ilum. Salas aula	10.037	7.923	9.228	3.596	7.544	2.780	3.501	0	787	0	0	5.846	1.403	6.708	0	7.557	695	524	690	352	1.799	205	150	71.323
(W) Ilum. Laboratórios	0	0	0	390	0	201	350	0	273	0	0	0	0	552	0	415	-	-	-	-	-	-	-	2.182
(W) Ilum. Administração	2.773	724	913	2.762	3.788	248	165	1.175	29	8.300	1.423	1.700	3.048	3.255	410	2.060	-	-	-	-	-	-	-	32.773
Consumo área útil kWh/m ²	5,4	5,7	5,1	2,9	3,3	3,3	4,3	2,6	3,5	3,2	2,2	3,7	2,7	3,2	2,7	284,0	0,9	0,4	0,7	0,6	0,7	0,1	0,1	2,7

Fonte: Os autores.

Os principais indicadores propostos pela pesquisa e outros complementares de igual importância estão relacionados na figura 7.

Indicadores globais de uso da instalação	Grandeza/Unidade	Resultado
Área útil levantada por inspeção.	m ²	38.753
Total de ambientes inspecionados.	Quantidade	436
Total de ambientes para ensino.	Quantidade	219
Potência total instalada em iluminação.	W	474.832
Consumo total em iluminação.	kWh/mês	106.278 ou 59% na média mensal (ano base 2006)
Potência instalada em iluminação por área iluminada.	W Iluminação/m ²	12,25
Total de interruptores instalados.	Quantidade	1.425
Potência total instalada em iluminação por número de interruptores.	W Iluminação/ N Interruptores	333
Área iluminada por número de interruptores.	m ² /N Interruptores	27,19
Iluminação natural boa.	Porcentagem	54%
Iluminação artificial boa.	Porcentagem	88%
Iluminação mista boa.	Porcentagem	65%
Total de luminárias instaladas.	Quantidade	5.853
Total de luminárias eficientes.	Porcentagem	49%
Sistemas inoperantes.	Porcentagem	1%
Total de lâmpadas instaladas (*).	Quantidade	10.896
Total de lâmpadas econômicas instaladas (**).	Porcentagem	53%
Consumo mensal iluminação área útil	kWh/mês m ²	2,74
Consumo de energia elétrica em iluminação por docente ativo (ano base 2006).	kWh/mês	151,83
Consumo de energia elétrica em iluminação por aluno matriculado (ano base 2006).	kWh/mês	7,07
Gasto total com energia elétrica por m ² construído (ano base 2006).	Reais (R\$)	R\$ 16,95
Gasto mensal com energia elétrica destinada a iluminação (em dezembro 2006) tarifa horo-sazonal verde, período úmido.	(kWh/mês iluminação x tarifa)	R\$ 27.253,00 ou 46% do valor da fatura daquele mês
Participação (%) dos gastos com energia elétrica no orçamento do Campus Curitiba (PR).	(%)	11,77%

Figura 7: Indicadores globais de uso das instalações UTFPR.

Fonte: Pesquisa de campo.

5.4 Análise econômica da otimização do sistema de iluminação com um todo

Conforme Cherobim, Lemes Junior e Rigo (2002), um aspecto importante na tomada de decisão de investimento de capital é a determinação do “[...] fluxo de caixa líquido do projeto após os ajustes de gastos que não envolvam saída de caixa (depreciação, amortização, financiamentos não onerosos entre outros)” (p. 152). O período de recuperação do investimento ou *payback* é definido pelo número de anos necessários para a recuperação do capital investido no projeto (Brigham & Houston, 1999).

O fluxo de caixa 1 considerou a substituição das luminárias modelo Comercial Plafonier Tipo BB para 2 ou 4 lâmpadas de 40W ou ainda de 20W. Estas luminárias estão concentradas nos blocos E, N, Q e R. Cabe ressaltar que o bloco E é o maior concentrador de ambientes de ensino utilizados no período da noite e que utilizam estes sistemas antigos, com 22 salas teóricas e duas salas de desenho. Os investimentos compreendem a compra de luminárias de sobrepor, com corpo

em chapa de aço fosfatizada e pintada eletrostaticamente, refletor facetado em alumínio de alta pureza e refletância, sem aletas. O modelo proposto já é utilizado no Campus. A luminária requer o uso de duas lâmpadas de 32W e reator eletrônico. Foi feito um levantamento de preços em Curitiba (PR), entre os dias 26 e 27 de fevereiro de 2007, verificando-se o preço médio unitário de R\$ 44,14 para a luminária, o reator R\$ 25,25 e R\$ 6,30 para cada lâmpada fluorescente de 32W, totalizando o valor de R\$ 81,99 o conjunto completo, já incluídos os impostos. Seria necessária a substituição de 350 luminárias completas. O custo de mão de obra foi fixado em R\$ 10,00 por unidade instalada, já considerados os encargos trabalhistas envolvidos. O Fluxo de Caixa 2 considerou apenas a substituição das lâmpadas de 40W por lâmpadas de 32W que estavam instaladas indevidamente nas luminárias eficientes. Verificou-se a necessidade da substituição de 850 lâmpadas.

A síntese dos principais elementos considerados nas projeções econômicas por meio da técnica do fluxo de caixa aparece relacionada na tabela 4.

Tabela 4: Síntese dos resultados esperados por fluxo de caixa.

1. Investimento inicial	Fluxo Caixa 1	Fluxo Caixa 2
1.1. Troca de luminárias 2 x 32W (350 un)	(R\$ 32.197)	-
1.2. Troca de lâmpadas de 40W-32W (850 un)	-	(R\$ 14.450)
1.3. Troca de lâmpadas de 40W-32W (750 un) ao término vida útil	(R\$ 36.771)	-
1.4. Troca de lâmpadas de 40W-32W (850 un) ao término vida útil	-	(R\$ 44.652)
1.5. Depreciação	(R\$ 4.201)	(R\$ 1.220)
2. Economias iniciais geradas		
2.1. Diferença de W entre lâmpada de 40W-32W (economia)	(16W)	(8W)
2.2. Diferença de W reator ineficiente	(10W)	-
2.3. Economias geradas pela substituição de tecnologia obsoleta	(19.500W)	(6.800W)
2.4. Economia total no primeiro ano (R\$)	R\$ 25.966	R\$ 12.011
2.5. Economia acumulada no décimo ano (R\$)	R\$ 52.558	R\$ 24.313
3. Fluxo de caixa livre		
3.1. Fluxo de caixa livre no ano 1	R\$ 22.746	R\$ 11.076
3.2. Fluxo de caixa livre no ano 10	R\$ 313.641	R\$ 94.901

Fonte: dados da pesquisa.

Os benefícios auferidos pela substituição do conjunto completo luminária, reator e lâmpadas (2x32W) aparecem nos valores totais dos investimentos, destacados em vermelho no item 1 (Investimentos) conforme o Fluxo de Caixa 1, e consideram a compra de todo o material necessário (luminárias, lâmpadas, reatores), os custos de mão de obra e as lâmpadas de reposição. O tempo de vida útil estimado pelos fabricantes para as lâmpadas fluorescentes é de 8.000 horas e a substituição se daria a cada dois anos, considerando-se apenas a exaustão do produto (fim da vida útil). Não foram considerados aumentos nos preços das lâmpadas, dado que há a tendência de queda pelo incremento da escala de produção dos fabricantes. O período projetado foi de 10 anos, levando-se em conta a depreciação física das lâmpadas. As luminárias, de acordo com o manual do fabricante, possuem vida útil estimada acima de 10 anos.

Do lado das economias geradas, considerou-se um preço médio de R\$ 15,00 para um conjunto com duas lâmpadas fluorescentes de 40W contra R\$ 13,00 e o conjunto de duas lâmpadas de 32W. A perda dos reatores ineficientes, conforme tabelas e informação dos fabricantes, foi estimada em 10W para cada conjunto de duas lâmpadas. A diferença de consumo entre as lâmpadas é de 8W (40W - 32W) totalizando 16W. O potencial de consumo de energia pela substituição da luminária seria 26W (somadas as economias pela diferença de consumo das lâmpadas mais a perda do reator do conjunto ineficiente) para uma utilização média de 12h diárias e 22 dias úteis ao mês. O potencial de economia ficou em 3.881 kWh/mês, totalizando uma economia no primeiro ano de R\$ 25.966. O Fluxo de Caixa livre apresentou-se positivo para os anos projetados chegando ao

décimo ano com R\$ 313.641 de resultado positivo, isto é, consideradas as economias geradas pela diminuição do consumo em relação aos investimentos necessários para mantê-los em funcionamento, incluindo-se a troca das lâmpadas ao término da vida útil, e diferença de preço entre as lâmpadas de 40W e 32W, sendo as primeiras mais caras em relação às segundas.

Observou-se que o retorno aparece já a partir do segundo ano se mantidas as premissas adotadas para preço dos produtos, correção anual do preço da energia e metas de inflação do governo. Na medida em que a luminária é substituída, esta começa a gerar economia pela diminuição do consumo de energia. Cabe salientar que se trata de um estudo que considerou a substituição de apenas um modelo de luminária por outra substituta equivalente. A coleta de dados evidenciou que existem ainda 900 luminárias ineficientes de diversos modelos, mas para um estudo de viabilidade de substituição destas caberia um novo trabalho, levando em conta os aspectos da luminotécnica, a variedade das características específicas de cada ambiente e as necessidades dos usuários.

A análise dos benefícios auferidos pela substituição das lâmpadas de 40W por lâmpadas de 32W instaladas em luminárias eficientes, por meio do Fluxo de Caixa 2, considerou a substituição de 850 lâmpadas de 40W instaladas indevidamente ou conjuntamente em luminárias consideradas eficientes. Foram mantidas as mesmas premissas adotadas na elaboração do Fluxo de Caixa 1.

Neste caso, o retorno aparece já no primeiro ano com economias de 6.800W de potência instalada em lâmpadas. O fluxo de caixa livre no primeiro ano pagaria os investimentos iniciais e haveria sobra de caixa para o segundo ano. Estes recursos poderiam ser redirecionados para a substituição das outras luminárias consideradas ineficientes. Cabe enfatizar que os benefícios econômicos devem ser considerados com o maior conforto do usuário pela utilização de sistemas de iluminação adequados, no entanto este aspecto não faz parte do escopo desta pesquisa.

No caso do fluxo de caixa 2, substituição somente das lâmpadas, verificou-se que os blocos D, H, J, L, M, N e Q concentram um grande número de lâmpadas de 40 W a serem substituídas. Os blocos Q e N seriam amplamente beneficiados, considerando as taxas de ocupação para ambientes destinados ao ensino. Ainda que subjetivamente há de se considerar como benefícios esperados, maior produtividade dos usuários pelo conforto auferido pelos novos sistemas. Diante disso, o fluxo de caixa 2 apresenta-se igualmente favorável, com retornos positivos para o investidor.

Reiterando, os estudos e análises desta pesquisa estão embasados nos resultados das observações do levantamento por inspeção, dados disponíveis nas faturas de energia elétrica do Campus Curitiba e informações coletadas em órgãos oficiais ligados a área de energia. Não foram feitas medições diretas nos ambientes.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho pretendeu enfatizar a importância da lógica da conservação e eficiência energética, por meio de uma aplicação prática que analisou os atuais padrões de consumo de energia elétrica para iluminação de ambientes, no prédio público federal da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Curitiba.

Conhecer os padrões de consumo de energia elétrica da instalação para o uso final de iluminação poderá auxiliar na tomada de decisão em substituição de tecnologias obsoletas, potenciais de economia por melhoria das condições gerais dos ambientes, novos programas de manutenção e conservação das instalações, entre outras possibilidades.

O Campus Curitiba, no período entre 2000 a 2006, reduziu a participação dos gastos relacionados à iluminação. Estimativas no ano de 2000 (Krüger, Miranda & Cervelin, 2002), indicaram que em torno de 80% da energia elétrica consumida era destinada à iluminação de ambientes. A pesquisa revelou que, em 2006, a iluminação consumiu em torno de 106.278 kWh/mês, considerando os sistemas atualmente disponíveis, representa 59% do total do consumo de

energia elétrica medido pela Copel. A estrutura geral de iluminação dos ambientes foi considerada boa, com a utilização de 49% de sistemas de iluminação eficientes⁶. Este dado revela que existe um expressivo potencial de economia e que ações na melhor eficiência do Campus são viáveis. A universidade vem adotando desde 1997, por meio da sua Comissão Interna de Conservação de Energia – CICE, ações para a melhoria das condições da iluminação dos ambientes e embora não se possa comprovar que os resultados obtidos estão relacionados às suas iniciativas, entende-se que as campanhas, estudos e substituições de equipamentos obsoletos podem ter tido uma participação considerável na redução do consumo de energia elétrica.

Em relação aos padrões de consumo, observou-se que o campus expandiu discretamente a infraestrutura em 2006 comparativamente ao ano de 2000. O número de docentes e alunos aumentou e investimentos para ampliação e melhoria dos ambientes de ensino demandaram mais energia. No entanto, quando comparados os desembolsos realizados com os consumos medidos e faturados pela concessionária, observou-se a redução do consumo em kWh e aumento dos desembolsos realizados em reais (R\$) para pagamento das faturas. Ocorreu uma relação inversa entre ganhos de economia no consumo em kWh/mês e o aumento de valores a pagar. O campus tem obtido êxito nos esforços de geração de economias, mas este diferencial tem se perdido em meio a tarifas em ascensão, a burocracia típica da gestão de instituições públicas e os dispositivos governamentais que garantem arrecadação de recursos para financiar problemas estruturais do setor elétrico, como no caso dos encargos de capacidade emergencial cobrados diretamente nas faturas dos consumidores de todas as categorias, que custou à universidade no período 2002-05 o correspondente a R\$ 71.462 ou 70% do total de outros valores pagos que não consumo direto de energia.

A CICE é um importante programa interno de combate ao desperdício, no entanto, em muitos segmentos do governo não se tem alcançado resultados desejáveis, desta forma sendo necessária a restauração de sua importância bem como intercâmbio e troca destas práticas com a iniciativa privada. No caso do Campus Curitiba, verificou-se esforços dos participantes da comissão anterior na tarefa de promover o uso racional, eficiente e consciente das instalações, entretanto, em conversa informal com ex-componentes, verificou-se que faltaram recursos financeiros e pessoas para melhor conduzir as ações em planejamento.

A partir dos dados disponíveis sobre as instalações e os sistemas de iluminação em uso, foi possível gerar um conjunto de indicadores que refletem como a instituição utiliza a energia elétrica e como impacta na iluminação de ambientes. Os sistemas de iluminação foram considerados 88% bons, refletindo um bom grau de satisfação quanto à disponibilidade. Verificou-se que o item mais crítico de todo o sistema é a disponibilidade de acionamentos das luminárias. No geral, há apenas um ou no máximo dois interruptores por ambiente que acendem um grande conjunto de luminárias, desta forma obrigatoriamente consumindo mais energia do que o efetivamente necessário. Por outro lado, o baixo percentual de sistemas inoperantes revela que a área de manutenção do Campus é ágil na substituição de lâmpadas queimadas e luminárias defeituosas. Um problema considerado crítico é a utilização de lâmpadas de 40W em substituição às econômicas de 32W. Tal situação compromete a eficiência do sistema pelo aumento do consumo de lâmpadas de maior potência. A estrutura é grande e a gestão pode ser considerada satisfatória dada as condições de disponibilidade de pessoal e materiais de reposição. Os demais indicadores relacionados podem ser utilizados como parâmetros no auxílio em novos projetos, *retrofits*, planejamento de manutenção e outras atividades objetivando otimizar o uso da energia elétrica destinada à iluminação.

As projeções econômicas revelaram rápido retorno do capital investido, em torno de dois anos, e benefícios econômicos positivos no horizonte de 10 anos. O fluxo de caixa positivo do primeiro ano, pela substituição das luminárias do tipo Comercial BB, pagaria os investimentos

⁶ Luminária com refletor de alumínio, sem *aletas*, com uso de reator eletrônico e lâmpada econômica (2x32 W).

iniciais para a troca das lâmpadas de 40W que estão sendo indevidamente usadas em substituição as lâmpadas econômicas de 32W. Entende-se que este recurso só é utilizado pela demora nos processos de compras, que na esfera pública dependem de licitações de acordo com a Lei 8.666⁷.

O mapeamento construído durante o estudo revelou que há espaço para outras ações que podem contribuir na redução de gastos e na melhoria das condições de iluminação dos ambientes. A efficientização em prédios públicos, além de propiciar economia ao Estado, promove a cultura da poupança de recursos, e no caso de prédio público de uma universidade, pode despertar o interesse em pesquisas de novos produtos com tecnologias mais eficientes e ambientalmente corretas. O uso racional de energia elétrica na administração pública, mais do que um problema de economia, é uma questão de respeito pelo dinheiro do contribuinte que financia parte das atividades destas instituições por meio do pagamento de tributos. A contrapartida esperada é a agilidade e a disponibilidade dos serviços a tempo de resolver as necessidades dos usuários. Nas instituições públicas, diferentemente das empresas privadas, a mudança cultural é mais demorada, mas deve ser perseguida, pois os ganhos são positivos quando o desperdício é eliminado cedendo lugar a práticas racionais de uso dos recursos públicos. Propõe-se como continuidade desta pesquisa a atualização da pesquisa e comparação com os demais 10 campi pertencentes à instituição no Paraná, cujo perfil do aluno é similar, e permitiria uma avaliação de *benchmarking* no processo de gestão da eficiência energética entre as diferentes edificações.

REFERÊNCIAS

Agência Nacional de Energia Elétrica – Aneel (2007, abril). *Conselho de consumidores*.

Recuperado em 17 abril, 2007, de: www.conselhodeconsumidores.aneel.gov.br.

Alvarez, A. L. M. (1998). *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 de Mestrado Não Publicada, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil.

Banco Central Do Brasil – BCB (2007, fevereiro). *Preços administrados*. Recuperado em 20 fevereiro, 2007, de: <http://www.bcb.gov.br>.

Brigham, E.F., Houston, J. F. V. (1999). *Elementos da moderna administração financeira*. Rio de Janeiro: Elsevier.

Cherobim, a. P. M. S. ; Lemes Junior, a. B. & Rigo, C. M. V. (2002). *Administração financeira: princípios, fundamentos e práticas brasileiras*. Rio de Janeiro: Campus.

Companhia Paranaense de Energia – Copel (2006, agosto). *Mercado de Energia e tarifas de energia elétrica*. Recuperado em 13 agosto, 2006, de: [www://copel.com](http://www.copel.com).

Companhia Paranaense de Energia – Copel (2005). *Manual de eficiência energética na indústria*. Curitiba, PR.

Fonseca, S.D. (2009). *Contribuições para uma metodologia de avaliação de eficiência energética em iluminação de salas de aula*. Curitiba, PR. Dissertação Mestrado não publicada, Programa de Pós-Graduação em Tecnologia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Fonseca, S.D., Souza, A. , Kruger, E.L. (2008). Contribuição para uma metodologia de avaliação da eficiência energética em instituições de ensino. In: *XII Encontro Nacional de Tecnologia do*

⁷ Lei nº 8.666, 21 de junho de 1993 que estabelece as normas gerais sobre licitações e contratos administrativos pertinentes a obras, serviços (inclusive de publicidade), compras, alienações e locações no âmbito dos Poderes da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios.

Ambiente Construído (ENTAC) – (pp. 1-10), 12. Porto Alegre - RS : Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído (ANTAC).

Guerreiro, A. (2006). *Notas do seminário tecnologias energéticas do futuro: novas perspectivas energéticas, eficiência energética e regulação*. Curitiba, PR.

Haddad, J. (2002). Uso eficiente da energia: dos incentivos regulatórios recentes até a atual lei de eficiência energética. *Revista Brasileira de Energia*, 9, 107-118.

Inmetro - Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia. Dados diversos. Recuperado em 15 out.2007, de: www.inmetro.gov.br.

Koprik, W (2007). *Notas de entrevista da autora com engenheiro da COPEL*. Curitiba, PR.

Krüger, E.L., Fonseca, S.D. (2010). Evaluating daylighting potential and energy efficiency in a classroom building. Artigo submetido ao *Journal Renewable Energy* (submissão RENE-D-10-00974).

Krüger, E. L.; Miranda, P. L. K.; Cervelin, S. (2002). Otimização do consumo de eletricidade em uma instituição de ensino. *Revista Eletricidade Moderna*, São Paulo, 335, 196-215.

Martins, A. R. S., Alveal, C., Santos, E. M. dos, Rovere, E. L. La, Haddad, J., Lisboa, M. L. V.; Correia, P. R. S., Schaeffer, R., Aguiar, S. C., Bajav, S. V. (1999). Eficiência energética. In: Jamil Haddad, J. & Aguiar, S. C. (org), *Eficiência energética: integrando usos e reduzindo desperdícios* (pp. 361-417). Brasília: Agência Nacional de Energia Elétrica / Agência Nacional do Petróleo.

Osram do Brasil lâmpadas elétricas Ltda. *Manual luminotécnico prático*. Recuperado em 03 agosto, 2006, de: www.osram.com.br.

Programa Nacional de Conservação de Energia – Procel (2006, junho). *Procel*. Recuperado em 15 junho, 2006, de: <http://www.eletronbras.com.br>.

Saidel, M. A., Kanayama, P. H. , Carvalho, C. E., Alvarez, A. L. M. , Udaeta, M. E. M. (2000). A Conservação de Energia (pp. 197-235). In: Reis, L. B. dos; Silveira, S.. (org.). *Energia elétrica para o desenvolvimento sustentável*. São Paulo: EDUSP - Editora da USP.

Rebelatto, D. (2004) *Projeto de investimento*. São Paulo: Manole.

Sauer, I. (2005, março). *O futuro do Brasil no campo da eficiência energética*. Recuperado em 14 março, 2005, de: www.conpet.gov.br.

Tupiassú, A.F., Pinho, J. T. (2006). Análise de investimentos para reduzir consumo dos usos finais de energia elétrica. *Revista Eletricidade Moderna*, 383, 98-113.

UTFPR – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Mapa. Recuperado em 15 out.2007, de: www.utfpr.edu.br.

Data do recebimento do artigo: 09/10/2010

Data do aceite de publicação: 06/02/12