



## XVIII Seminário Nacional de Distribuição de Energia Elétrica

SENDI 2008 - 06 a 10 de outubro

Olinda - Pernambuco – Brasil

### **Eficiência Energética em Prédios Públicos de Ensino: Estudo de Caso do CEFET-MG Campus III - Leopoldina**

<b>Carlos Henrique Silva de Vasconcelos</b>	<b>Ângelo Rocha de Oliveira</b>	<b>Josimar Ribeiro Nolasco</b>
<b>CEFET-MG</b>	<b>CEFET-MG</b>	<b>CEFET-MG</b>
carlosvasconcelos@leopoldina.cefetmg.br	angelorochoaoliveira@yahoo.com.br	josimarjrn@ig.com.br

#### **PALAVRAS-CHAVES**

Eficiência Energética

Luminotécnica

Prédios Públicos

#### **RESUMO**

O Brasil tem convivido com a possibilidade de mais uma crise no setor energético. O desequilíbrio entre produção e consumo tem feito com que todos os setores da economia se preocupem com o abastecimento de energia no país. Diante desse cenário, a eficiência energética surge como uma alternativa para o problema, na medida em que reduções no consumo promovidas por ações dessa natureza dão uma sobrevida a todo o sistema elétrico de potência. O poder público tem um papel deveras importante no que tange ao uso racional da energia elétrica, pois deve dar exemplo a outros setores da economia. Nos últimos anos, verifica-se que essa cultura está sendo disseminada nas instituições de ensino superior no Brasil. Seguindo essa tendência, o presente trabalho mostra o trabalho que está sendo desenvolvido no Campus III do CEFET-MG, situado na cidade de Leopoldina, no sentido de aplicar ações de eficiência energética em suas instalações. Os benefícios englobam tanto aspectos econômicos quanto ambientais e qualidade de energia.

#### **1. INTRODUÇÃO**

Com o crescimento industrial e o aumento da renda da população, existe a tendência natural do aumento do consumo de bens duráveis e de consumo. O consumo de energia elétrica acompanha essa tendência, uma vez que a indústria necessita de mais energia para aumentar a produção e o consumidor por sua vez passa a comprar mais equipamentos que consomem energia elétrica. Os investimentos no setor de energia elétrica não têm acompanhado o ritmo de crescimento e já se projetam possíveis crises num futuro próximo 1. Com o aumento da demanda em relação à oferta e a alta carga tributária sobre a energia elétrica 2, dois fatores importantes para o estabelecimento dos preços da energia, a iniciativa privada já sente o peso da energia elétrica em seus processos produtivos, e têm procurado soluções para o uso mais eficiente da energia elétrica em suas plantas. No que tange à carga tributária, vale ressaltar que o Brasil possui a maior carga tributária da América do Sul 3 e que,

apesar de ter ótimos índices de sustentabilidade socioeconômica e política e conceder alguns benefícios fiscais, como o subsídio cruzado 3, tem sua competitividade ameaçada, na medida em que não conta com um ambiente favorável para investimentos que utilizam a energia como principal insumo do processo produtivo 4.

O setor privado mostra preocupação com o melhor aproveitamento de todos os insumos energéticos utilizados, na busca de redução de custos e maior competitividade no mercado, como pode ser observado em 5 e 6.

No que concerne ao setor público, o governo federal, através do Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica - PROCEL 7, promove ações para o uso racional da energia elétrica. No que tange a instituições de ensino, várias universidades no Brasil pesquisam e trabalham com eficiência energética, como os Laboratórios de Eficiência Energética da Universidade Federal de Juiz de Fora 8 e da Universidade Federal de Santa Catarina 9. Diversas instituições têm implantado sistemas para gerenciamento de energia elétrica em seus *campi*, seja através da aquisição de sistemas de gerenciamento 10 ou através do desenvolvimento e implementação de tecnologias para gerenciamento de energia 11. Outras instituições, mesmo não dispondo que sistemas de gerenciamento de energia, têm obtidos resultados positivos com programas de eficiência energética, como pode ser constatado em 12 e 13. Como o Campus III ainda não conta com um sistema de gerenciamento de energia elétrica, o presente trabalho mostra as ações de eficiência energética, feitas a partir de medições pontuais, levantamento e estudos, que estão sendo planejadas e executadas, bem como seus benefícios.

## **2. ESTUDO DE CASO**

O CEFET Leopoldina é uma instituição com 21 anos de existência, com cursos técnicos em nível de 2º grau, em Mecânica, Eletrotécnica, Informática e Eletromecânica, Ensino Médio e o curso de Engenharia de Controle e Automação. Com mais de 800 alunos regularmente matriculados nos cursos diurno e noturno. O Campus III - Leopoldina ocupa um terreno de 20.965,59 m<sup>2</sup>, com 5.625,63 m<sup>2</sup> de área construída, dividida em seis prédios, sendo que o prédio 1 abriga salas de aula do curso de Engenharia de Controle e Automação, o auditório e a diretoria, os prédios 2, 3, 4 e 5 são destinados à parte administrativa da instituição e ginásio e o prédio 6 é destinado aos laboratórios e salas de aulas dos cursos técnicos. A instituição é um consumidor do tipo A4 convencional, alimentado em 11,4kV, com demanda contratada no valor de 40kW. O crescimento do número de alunos e instalações fez com que houvesse um aumento no consumo de energia elétrica. Entretanto, nenhum estudo foi feito a fim de que eventuais problemas fossem identificados e solucionados no que concerne a iluminação, contratos com a concessionária de energia etc.

Em virtude do exposto acima, foram definidas as seguintes ações, a serem implementadas no projeto:

- Analisar a fatura de energia e o perfil de carga do Campus III para verificações de violações de parâmetro e multas;
- Levantamento e diagnóstico da iluminação.

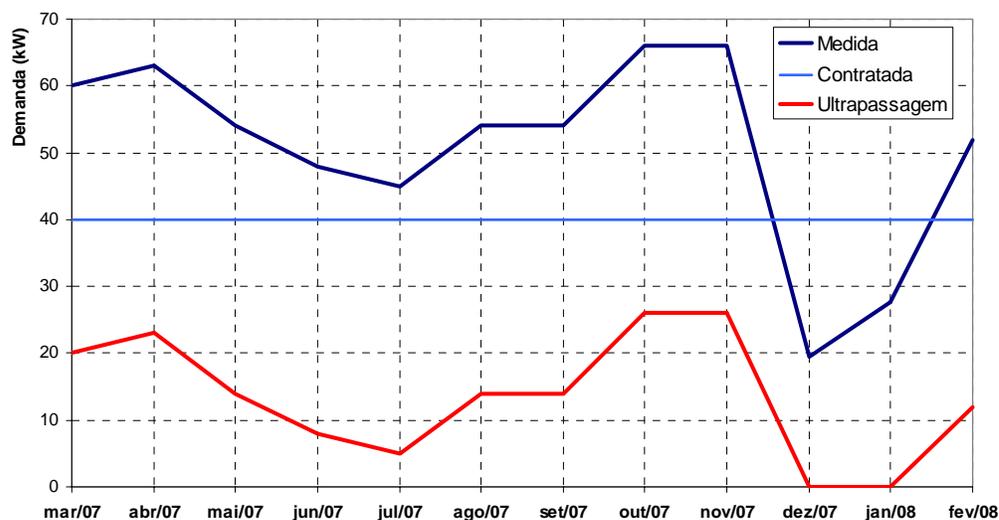
Os objetivos a serem alcançados são os seguintes:

- Mapear e analisar o comportamento da carga do Campus III a fim de ajustar o contrato com a concessionária de energia elétrica;
- Proposta de troca da iluminação existente por equipamentos mais eficientes, bem como estudo de viabilidade econômica.

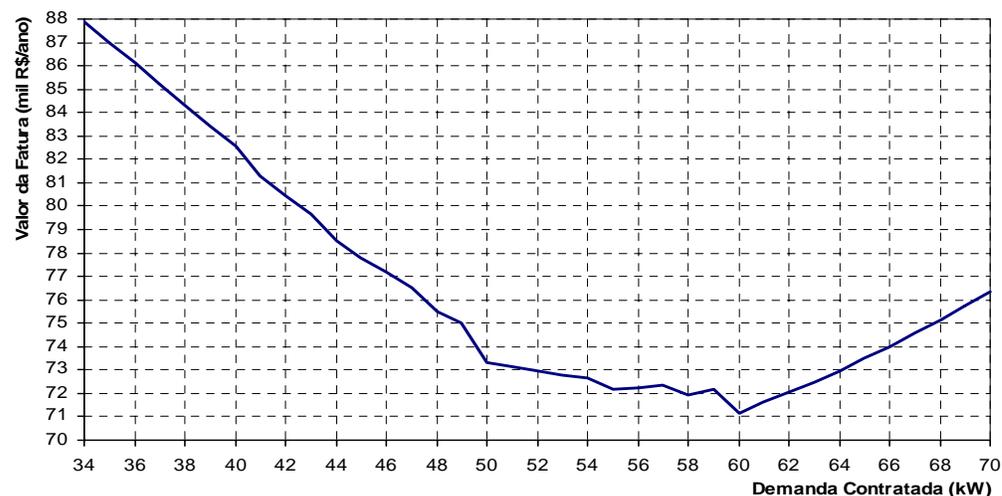
### **2.1. ANÁLISE DA FATURA DE ENERGIA PARA VERIFICAÇÕES DE VIOLAÇÃO DE PARÂMETROS E MULTAS**

Foram analisadas 12 faturas de energia do CEFET Leopoldina, e a Imagem 1 mostra os resultados obtidos. Pode ser observado que houve ultrapassagem de demanda em 10 dos doze meses analisados. Não houve ultrapassagem de demanda nos meses de janeiro e fevereiro de 2008. Analisando esses

meses a partir do calendário escolar, observa-se que janeiro coincide com as férias escolares e que as aulas foram iniciadas no dia 12 de fevereiro. Uma outra observação pertinente é que as maiores demandas foram registradas nos meses de novembro e dezembro, que são meses nos quais são registradas altas temperaturas. A Imagem 2 mostra a variação do valor anual da fatura em relação à demanda contratada. Pelo gráfico da Imagem 2 é possível observar que o valor ótimo para a demanda contratada é de 60kW, considerando que não haverá alterações no perfil de carga do Campus III.

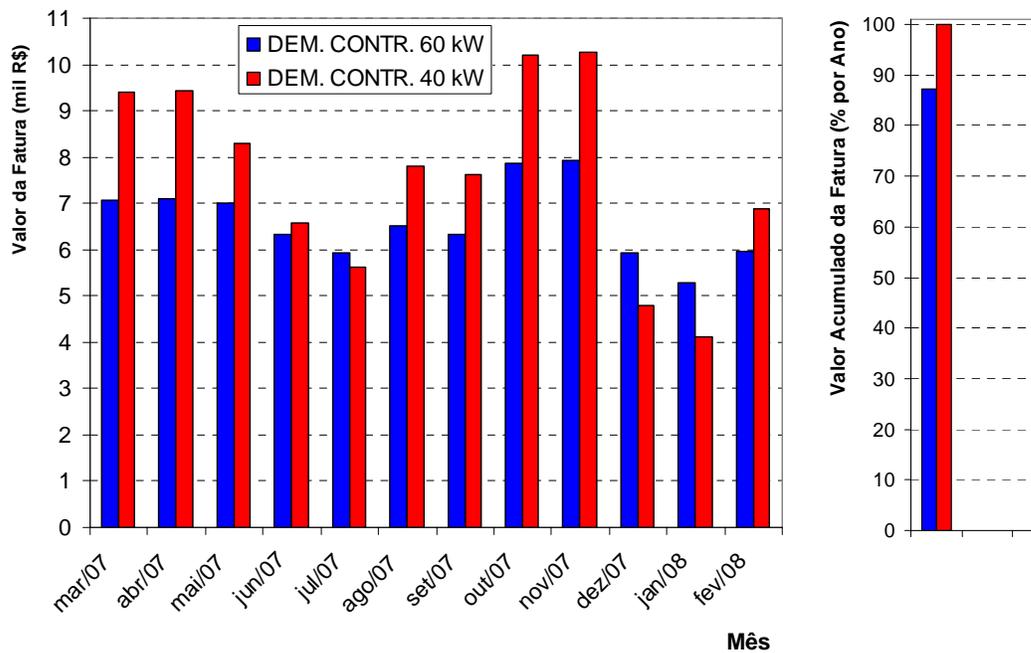


**Imagem 1 – Comportamento da Demanda em um Período de 1 Ano**



**Imagem 2 – Análise do Valor da Fatura em Relação à Demanda Contratada**

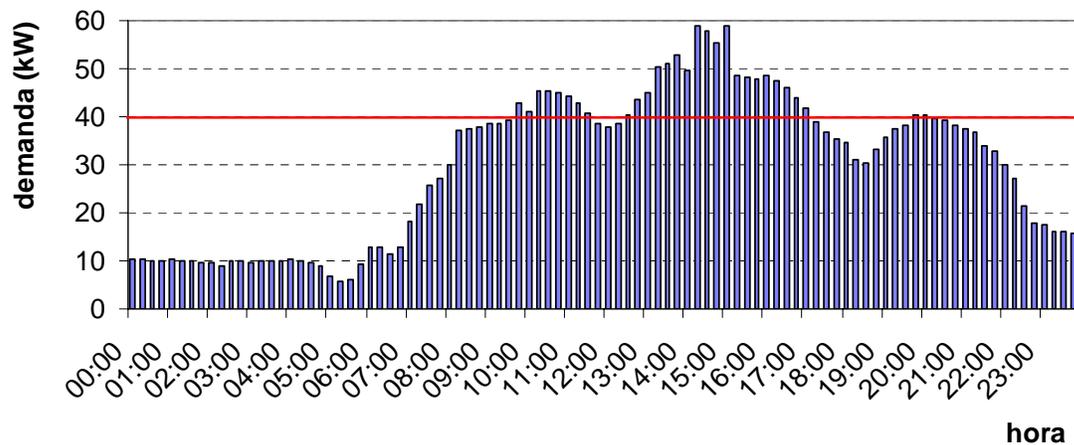
A Imagem 3 mostra um comparativo entre dos valores das faturas mensais e o valor acumulado no ano considerando uma demanda contratada de 40kW, que é a atual, e o valor ótimo, ou seja, uma demanda contratada de 60kW. No período analisado, somente nos meses de julho e dezembro de 2007 e janeiro de 2008 (que coincidem com o período de férias escolares) apresentam valor da fatura menor, considerando a demanda contratada em 40kW. A Imagem 3 mostra também a redução do valor acumulado, tomando como referência o valor acumulado para a demanda contratada de 40kW. Observa-se uma redução de aproximadamente 13% no valor acumulado para o período, o que representa em reais, uma economia de R\$ 11.660,00 por ano.



**Imagem 3 – Comparativo entre o Valor Atual do Contrato e o Valor do Ajuste na Demanda**

### 2.2. LEVANTAMENTO DO PERFIL DE CARGA DO CAMPUS III

A linha vermelha tracejada indica a tolerância de 10%, permitida pela legislação vigente 14. O objetivo principal é manter a curva de carga abaixo da linha contínua sem diminuir o consumo, realocando as cargas ao longo do dia.



**Imagem 4 – Perfil de Carga de um Dia Letivo no Campus III**

### 2.3. ANÁLISE DA ILUMINAÇÃO

A Tabela 1 mostra as horas de utilização das áreas internas do Campus III, bem como a carga instalada de iluminação. Foi considerado o mês com 22 dias úteis, com o auditório sendo usado 5 dias nesse período, durante duas horas por dia.

**Tabela 1 – Horas de uso e potência da iluminação das áreas internas do Campus III**

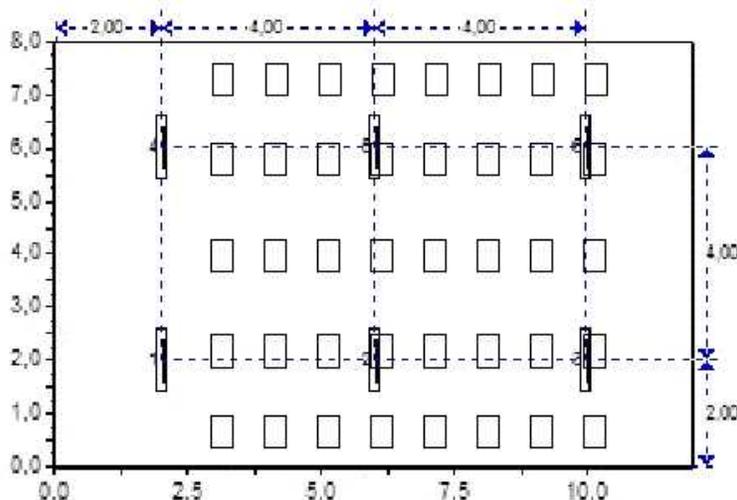
Horas de Uso da Iluminação (valores médios)		
Local	Horas/dia	Potência de iluminação (W)
AUDITÓRIO	0,46	2400
PRÉDIOS 1/2/3/4/5	3	7880
PRÉDIO 6 (1º e 2º ANDAR)	6	11360
PRÉDIO 6 (3º ANDAR e RAMPA)	4	5960

A Tabela 2, elaborada a partir de 15, mostra a condição atual da iluminação e duas propostas de troca da iluminação existente por equipamentos mais eficientes são consideradas. As propostas consistem em substituir a iluminação atual por metade da quantidade de lâmpadas, que consomem 10% menos do que as atuais e apresentam uma melhor relação *Lumens/Watt*.

**Tabela 2 – Propostas de troca da iluminação existente por equipamentos mais eficientes**

	Luminárias	Quantidade	Fator de potência	Potência conjunto (W)
<b>CONDIÇÃO ATUAL</b>	2x40W	546	0,90	100
	2x20W	234	0,55	55
<b>PROPOSTA 1</b>	2x36W	273	0,98	80
	2x18W	117	0,98	40
<b>PROPOSTA 2</b>	1x36W	546	0,98	40
	1x18W	234	0,98	23

A Imagem 5 ilustra a distribuição das luminárias para a proposta 1, que consiste na substituição das 6 luminárias existentes em cada sala por conjuntos mais eficientes (2 lâmpadas de 36W em cada luminária), partir do software WinElux 16. Como pode ser observado na Tabela 3, foi mantido o valor de 300 lumens médios na maior parte da sala, conforme estabelecido na NBR 5413 17.

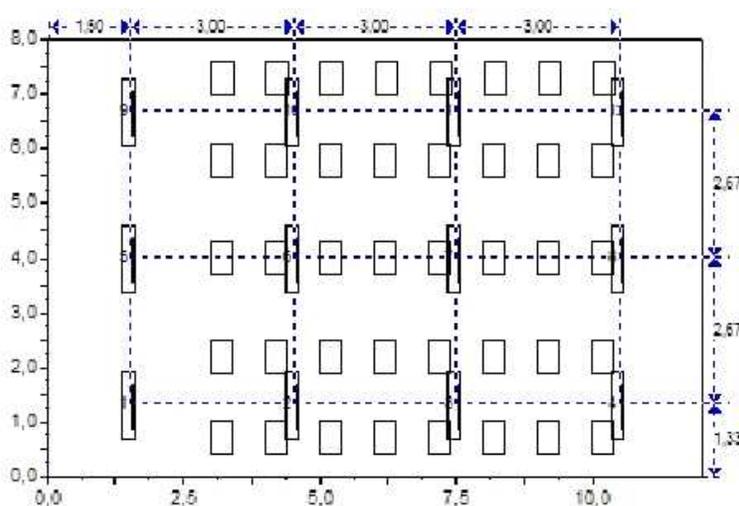


**Imagem 5 – Distribuição das Luminárias para a proposta 1**

**Tabela 3 – Níveis de iluminância para a proposta 1, com 6 luminárias de 2x36W**

Comprimento (m)	Largura (m)											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	214	264	282	271	274	296	296	274	271	282	264	214
2	263	344	367	339	343	384	384	343	339	367	344	263
3	279	366	392	362	367	411	411	367	362	392	366	279
4	268	339	366	350	354	385	385	354	350	366	339	268
5	268	339	366	350	354	385	385	354	350	366	339	268
6	279	366	392	362	367	411	411	367	362	392	366	279
7	263	344	367	339	343	384	384	343	339	367	344	263
8	214	264	282	271	274	296	296	274	271	282	264	214

A Imagem 6 ilustra a distribuição para a proposta 2. É importante ressaltar que quantidade de lâmpadas da proposta 1 é igual ao número de lâmpadas da proposta 2. O que diferencia as propostas é que, na proposta 1 os pontos de iluminação existentes são aproveitados e na proposta 2 os pontos de iluminação são alterados. Como pode ser observado na Tabela 4, foi mantido o valor de 300 lumens médios na maior parte da sala, conforme estabelecido na NBR 5413 17.



**Imagem 6 – Distribuição das Luminárias para a proposta 2**

**Tabela 4 – Níveis de iluminância para a proposta 2, com 12 luminárias de 1x36W**

Comprimento (m)	Largura (m)											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	229	255	287	297	292	304	304	292	297	287	255	229
2	267	299	341	354	343	362	362	343	354	341	299	267
3	282	315	364	377	365	387	387	365	377	364	315	282
4	292	329	378	393	383	403	403	383	393	378	329	292
5	292	329	378	393	383	403	403	383	393	378	329	292
6	282	315	364	377	365	387	387	365	377	364	315	282
7	267	299	341	354	343	362	362	343	354	341	299	267
8	229	255	287	297	292	304	304	292	297	287	255	229

## 2.4. ANÁLISE DE INVESTIMENTO

A Tabela 5 mostra os percentuais de redução para a proposta 1, onde é observada uma redução de aproximadamente 61% na potência instalada para iluminação dos prédios. Como o número de lâmpadas é mantido o mesmo, tanto na proposta 1 quanto na 2, a redução para esta será a mesma que para aquela.

**Tabela 5 – Redução na potência instalada referente à proposta 1**

Luminárias	Quantidade	Consumo (W)	
		Unitário	Total
2x40 W	546	100	54.600
2x36 W	273	80	21.840
<b>Redução</b>			<b>32.760</b>
2x20 W	234	55	12.870
2x18 W	117	40	4.680
<b>Redução</b>			<b>8.190</b>

A Tabela 6 mostra o valor do investimento para cada uma das propostas estudadas. A proposta 2 é de maior valor, uma vez que haverá necessidade se dobrar a quantidade de luminárias nas salas, enquanto que na proposta 1, o número de luminárias é mantido.

**Tabela 6 – Investimento quanto cada proposta**

Luminárias	Investimento		
	Unitário (R\$)	Quantidade	Total (R\$)
2x36 W	137,85	273	37.633,05
2x18 W	97,47	117	11.403,99
<b>Proposta 1</b>			<b>49.037,04</b>
1x36 W	124,07	546	67.739,49
1x18 W	87,72	234	20.527,18
<b>Proposta 2</b>			<b>88.266,67</b>

Visto que o consumo médio no período de março de 2007 a fevereiro de 2008 é de 14.400 kWh e que a iluminação representa 45% desse valor, comparando estes em relação aos alcançados efetuando as trocas, tanto para a proposta 1 quanto para a 2, tem-se a redução da fatura para aproximadamente 38,4% de seu valor atual. A Tabela 7 expõe os valores atuais de consumo com a adoção de uma das propostas, visando a sua relação na fatura com as demais cargas instaladas e a demanda contratada.

Visto que o consumo médio referente ao período de março de 2007 a fevereiro de 2008 é de 14.400 kWh e que a iluminação representa 45% desse valor. A tabela 7 demonstra a redução no valor da fatura, tanto para a proposta 1 quanto para a 2, onde esta apresenta uma redução para 38,4% da condição atual. Nota-se também uma redução do valor da demanda ideal, conforme a imagem 2, de 60 kW para 49,11 kW.

**Tabela 7 – Redução na fatura do Campus III devido a modificações no contrato de demanda e na iluminação**

	Iluminação	Outros	Total Campus III - Valores Mensais					Fatura (R\$)
	kWh	kWh	kWh	Consumo (R\$)	Dem. (kW)	Dem. (R\$)	Ultrap. Dem. (R\$)	
<b>Atual</b>	6.499	7.943	14.442	3.952,66	40	2.321,60	3.482,80	9.757,06
<b>Propostas</b>	2.568	7.943	10.511	3.155,76	49,11	2.850,52	0	6.006,28
<b>Diferença</b>	3.930,66			<b>796,90</b>				<b>3.750,78</b>

A Tabela 8 mostra o tempo de retorno para a troca da iluminação das áreas internas do Campus III. Pode ser observado que o retorno do investimento para o caso da proposta 1, onde os pontos de iluminação existentes são alterados, é de aproximadamente 15 meses. Para a proposta 2, onde os pontos de iluminação são aproveitados, observa-se um tempo de retorno do investimento de aproximadamente 26 meses. Essa diferença pode ser explicada pelo custo de se usar em cada sala o dobro de luminárias e reatores, se comparado com a proposta 1. Onde o tempo de retorno desconsidera os custos de adequação de infra-estrutura física e elétrica .

**Tabela 8 – Retorno do investimento em iluminação**

Análise do Investimento		
Propostas	1	2
<b>Investimentos</b>	R\$ 49.037,04	R\$ 88.266,67
<b>Economia</b>	R\$ 41.258,63	R\$ 41.258,63
<b>Tempo de retorno (anos)</b>	<b>1,19</b>	<b>2,14</b>

### 3. CONCLUSÕES

O presente trabalho mostrou um estudo de casos a partir de um projeto de eficiência energética desenvolvido no CEFET-MG, Campus III, Leopoldina. Pode ser observado que, com a alteração do contrato de demanda, aliado à modificação na iluminação, a economia de energia chega a 38,4% ao mês. O projeto de eficiência energética que está sendo proposto mostra que é possível melhorar a qualidade das instalações, economizando recursos e energia elétrica.

### 4. REFERÊNCIAS

- 1 PÊGO, B. & CAMPOS NETO, C. A. S., O PAC e o setor Elétrico: Desafios para o Abastecimento do Mercado Brasileiro (2007-2010). Acesso em 15/03/2008. Disponível em <http://www.ipea.gov.br/default.jsp>.
- 2 OLIVEIRA, A. R. & ARAÚJO, F. R. & PINTO, D. P. & REIS, L. N., Aspectos Controversos sobre a Incidência de ICMS em Tarifas de Energia Elétrica, XII ERIAC (Encontro Regional Ibero-Americano do CIGRÊ), Foz do Iguaçu, PR, 2007.
- 3 ARAÚJO, F. R. & OLIVEIRA, A. R. & OLIVEIRA, L. W., Tributação em Mercados de Energia Elétrica da América Latina: Análise dos Países do Mercosul, VII CLAGTEE, Vina Del Mar, Chile, 2007.
- 4 VIEIRA, E., Competitividade Ameaçada. In: CNI – Revista Indústria Brasileira, Março, 2007. Acesso em 01/09/2007. Disponível em <http://www.cni.org.br/>.
- 5 SOLA, A. V. H., Eficiência Energética nas Indústrias: Cenários & Oportunidades, XXIV Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Florianópolis, SC, 2004.

- 6 DANELLA, M. A. & ROMANINI, E. G. & ADORNO, J. C. & BRESSAN, P. T. & PADILLA, J. V., Eficiência Energética em Indústria Metalúrgica e de Fundição, XVII SENDI, Belo Horizonte, MG, 2006.
- 7 PROCEL. Acesso em 28/02/2008. Disponível em <http://www.eletronbras.com/elb/procel/main.asp>.
- 8 LEENER, Laboratório de Eficiência Energética UFJF, Acesso em 10/03/2008. Disponível em <http://www.leener.ufjf.br/>.
- 9 LABEEE, Laboratório de Eficiência Energética em Edificações da UFSC. Acesso em 10/03/2008. Disponível em <http://www.labee.ufsc.br/>.
- 10 OLIVEIRA, M. A. G. & OLIVEIRA, L. S., Gestão do Consumo de Energia Elétrica no Campus da UNB, II CBEE, Vitória, ES, 2007.
- 11 SAIDEL, M. & A., FAVATO, & L. B. Gestão Pública de Energia Elétrica: O Programa Permanente para o Uso Eficiente de Energia da USP, II CBEE, Vitória, ES, 2007.
- 12 NEUSSER, L., Metodologia e Análise para Aumento de Eficiência Energética em Prédios Públicos de Ensino, II CBEE, Vitória, ES, 2007.
- 13 BASTOS, P. R. F. M. & COSTA, C. A. & SOUSA, C. R. S. & SANTOS, A. V., Eficiência Energética na Universidade Federal da Bahia – UFBA, XVII SENDI, Belo Horizonte, MG, 2006.
- 14 RESOLUÇÃO NORMATIVA ANEEL n.º 456, de 29 de novembro de 2000. Acesso em 02/02/2008. Disponível em <http://www.aneel.gov.br/cedoc/res2000456.pdf>.
- 15 OSRAM. Acesso em 11/04/2008. Disponível em [http://br.osram.info/download\\_center/catalogo.html](http://br.osram.info/download_center/catalogo.html).
- 16 WINELUX, versão 2.1, Acesso em 25/03/2008. Disponível em <http://www.eee.pt/>.
- 17 ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas, NBR 5413.