

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO TECNOLÓGICO  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL  
NÚCLEO DE PESQUISA EM CONSTRUÇÃO  
LABORATÓRIO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES**

**CONSTRUÇÃO, CONFORTO AMBIENTAL  
E USO RACIONAL DE ENERGIA  
PROJETO INTEGRADO CNPq**

**EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE EDIFICAÇÕES: ESTUDO DE  
CASO NO CAMPUS UNIVERSITÁRIO DA UFSC  
RELATÓRIO FINAL – PIBIC 2001**

**Bolsista: MICHELE MATOS  
Orientador: ROBERTO LAMBERTS**

**Florianópolis, agosto de 2002.**

---

## SUMÁRIO

<b>RESUMO</b>	<b>2</b>
<b>1. INTRODUÇÃO</b>	<b>3</b>
<b>2. JUSTIFICATIVA</b>	<b>4</b>
<b>3. OBJETIVOS</b>	<b>4</b>
<b>4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b>	<b>5</b>
<b>4.1 INTRODUÇÃO</b>	<b>5</b>
<b>4.2 O PROGRAMA DE CONSERVAÇÃO NA USP</b>	<b>5</b>
<b>4.3 USO FINAL DE ENERGIA ELÉTRICA NA UFSC</b>	<b>6</b>
4.3.1 VERIFICAÇÃO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL	7
<b>5. METODOLOGIA</b>	<b>8</b>
<b>5.1 INTRODUÇÃO</b>	<b>8</b>
<b>5.2 ANÁLISE DAS CONTAS DE ENERGIA ELÉTRICA</b>	<b>8</b>
<b>5.3 LEVANTAMENTO DO SISTEMA DE ILUMINAÇÃO</b>	<b>8</b>
<b>5.4 PROPOSTA DE RETROFIT</b>	<b>10</b>
<b>6. RESULTADOS</b>	<b>11</b>
<b>6.1 ANÁLISE DAS CONTAS DE ENERGIA ELÉTRICA</b>	<b>11</b>
6.1.1 CAMPUS UNIVERSITÁRIO (TARIFA HORO-SAZONAL VERDE)	11
6.1.2 HOSPITAL UNIVERSITARIO (TARIFA HORO-SAZONAL VERDE)	15
<b>6.2 PÁGINA PRUEN</b>	<b>20</b>
<b>6.3 SISTEMA DE ILUMINAÇÃO DO CAMPUS</b>	<b>21</b>
6.3.1 Salas de Aula	24
6.3.2 Salas Administrativas	25
6.3.3 Salas de Professores	26
<b>6.4 REDUÇÃO NO CONSUMO DO CAMPUS</b>	<b>28</b>
6.4.1 Sistema de iluminação atual	28
6.4.2 Proposta de <i>retrofit</i>	29
<b>7. CONCLUSÕES</b>	<b>32</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>33</b>

## RESUMO

Esse relatório apresenta as atividades desenvolvidas durante a bolsa de iniciação científica entre agosto/2001 e julho/2002, a fim de estimar a capacidade de redução do consumo de energia elétrica da Universidade Federal de Santa Catarina.

Foram desenvolvidas duas etapas: análise das contas de energia elétrica e levantamento do atual sistema de iluminação do campus da UFSC (excluindo o Hospital Universitário).

Para que se fizesse a análise das contas de energia elétrica foram selecionados os medidores mais expressivos, quais sejam, Campus Universitário e Hospital Universitário, que juntos representam 75,4% do consumo de energia elétrica anual e 78,5% do custo com eletricidade na instituição.

Com o levantamento do sistema de iluminação artificial da UFSC procurou-se, localizar os setores passíveis de mudanças que gerassem uma redução significativa do consumo de energia. Foram observados os tipos de luminárias e de lâmpadas instaladas, além das características físicas de cada ambiente. Foi constatado que o atual sistema de iluminação é precário na grande maioria dos prédios, representando portanto um alto potencial de redução de custos com eletricidade na universidade.

PALAVRAS-CHAVE : monitoramento - iluminação - *retrofit*

## **1. INTRODUÇÃO**

Em 6 de janeiro de 2000, através do decreto nº 3.330, determinou que os prédios públicos da Administração Pública Federal deveriam reduzir em 20%, até 31 de dezembro de 2002, o seu consumo de energia elétrica, para fins de iluminação, refrigeração e arquitetura ambiental, tendo como referência, a média do consumo de 1998. Mais tarde, em 15 de maio de 2001, o decreto nº 3.818 determina uma redução no consumo de energia elétrica, até março de 2002, tendo como referência o mesmo mês do ano anterior, em no mínimo:

I – 15% no mês de maio de 2001

II – 25% no mês de junho de 2001

III – 35% no mês de julho de 2001

Em 14 de fevereiro de 2002, um novo decreto, nº 4.131, determinou que os órgãos da Administração Pública Federal direta, autárquica e fundacional deverão observar meta de consumo de energia elétrica correspondente a 82,5% da média do consumo mensal, tendo por referência o mesmo mês do ano de 2000, a partir de fevereiro de 2002.

Devido a tais decretos, foi instaurado no Campus Universitário o PRUEN, Programa de Racionalização do Uso de Energia Elétrica na UFSC. Esse programa tem por objetivo a redução do consumo e gastos com energia elétrica na UFSC, buscando alternativas e soluções viáveis.

Os medidores mais expressivos da Universidade Federal de Santa Catarina são o Hospital Universitário e a Cidade Universitária. Juntos eles respondem por 75,4% do consumo de energia elétrica anual e 78,5% do custo com eletricidade na instituição.

Os dados referentes a esses medidores foram o principal objeto de estudo da bolsa, além de visitas técnicas aos vários setores da universidade.

Nesse relatório serão apresentadas as atividades realizadas no período compreendido entre agosto de 2001 e abril de 2002, referentes ao plano de trabalho para esta bolsa de iniciação científica.

## **2. JUSTIFICATIVA**

A Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) é um dos maiores consumidores de energia elétrica do estado. Segundo levantamento feito por GHISI (1997), o consumo médio na UFSC entre 1992 e 1996 (excluindo o Hospital Universitário e os medidores de energia em Tarifa Convencional) foi de aproximadamente 10 GWh/ano. Este valor representava 18% do consumo de energia elétrica do setor público de Florianópolis, e 2% do consumo total do município nesse período.

A partir do momento que o governo passou a temer o caos no setor de energia elétrica do país, várias medidas começaram a ser tomadas a fim de que o consumo de energia elétrica fosse reduzido. Como a Universidade Federal de Santa Catarina é um órgão da Administração Pública, deveria ter o consumo de energia elétrica reduzido, de acordo com o Decreto 3818 (BRASIL, 2001).

O rápido crescimento das diversas atividades existentes no Campus Universitário teve por consequência o aumento do consumo e das despesas com energia elétrica.

## **3. OBJETIVOS**

O objetivo principal desta pesquisa é avaliar o potencial de redução no consumo de energia elétrica no campus universitário da UFSC através da análise do sistema de iluminação e acompanhamento das faturas de energia elétrica.

## 4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 4.1 INTRODUÇÃO

Para se racionalizar o uso de energia elétrica pelo menos duas etapas devem ser cumpridas:

- I) Conscientização dos usuários, para que esses conheçam a importância da economia de energia e possam adotar hábitos mais conservativos.
- II) Substituição ou uso de equipamentos e técnicas mais eficientes, que se beneficiam dos avanços tecnológicos e de investigação científica.

Torna-se claro que as medidas a serem tomadas em cada uma das duas etapas identificadas podem variar para cada caso estudado. Normalmente, as medidas da primeira etapa demandam pouco ou nenhum investimento. São medidas básicas que atingem os principais responsáveis pelo sucesso de um plano de racionalização energética: os usuários finais. Porém o efeito final, em termos de economia efetiva, tende a ser pequeno se só essas medidas forem adotadas. Os melhores resultados podem ser obtidos com atuação conjunta de medidas da primeira e da segunda etapas.

Assim, a análise dos resultados obtidos com o levantamento dos dados permite que se obtenha uma considerável economia de recursos na universidade, se forem adotadas metodologias essas que englobam algumas mudanças de hábito dos usuários finais e a substituição de alguns equipamentos pouco eficientes (SAIDEL et al., 1995).

Segundo ROMERO (1991) o potencial médio de conservação de energia elétrica de um dado edifício pode chegar a 50 % do seu consumo provável, se houver a adequação e a integração das variáveis clima e arquitetura. Em contra partida este potencial é reduzido a 20 % quando o edifício já se encontra na etapa de uso e operação.

### 4.2 O PROGRAMA DE CONSERVAÇÃO NA USP

Durante a primeira fase de um programa de conservação de energia elétrica na CUASO (Cidade Universitária Armando Sales) – USP, relativa ao diagnóstico energético de suas unidades, SAIDEL et al. (1995) procuraram traçar um quadro da situação geral da CUASO no que diz respeito aos usos finais de energia elétrica. As atividades desenvolvidas foram divididas em dois grupos:

- levantamento amostral no campus
- diagnósticos de unidades escolhidas

O levantamento amostral do campus foi dirigido à determinação do perfil do consumo geral, sem a preocupação de elaborar um diagnóstico energético detalhado. A idéia básica não é saber a maneira exata como a energia está sendo utilizada, mas sim, obter indicadores energéticos relativos aos vários segmentos de usos finais. Esses índices permitem selecionar as unidades mais adequadas para um processo de intervenção que vise a economia de energia elétrica, bem como, através do acompanhamento dos seus

índices ao longo do tempo, avaliar a evolução de suas eficiências no uso de energia, permitindo definir estratégias de conservação.

As atividades planejadas para os diagnósticos de unidades escolhidas tiveram por objetivo o levantamento minucioso das características de consumo e do potencial de conservação de energia elétrica dessas unidades escolhidas para a análise. O escopo das atividades englobou a determinação do perfil de consumo atual e o levantamento do potencial de conservação de energia para os vários usos finais considerados. Através da determinação dos hábitos de uso e da tecnologia utilizada nas várias categorias de usos finais na unidade analisada é possível traçar estratégias de conservação de energia, um dos principais objetivos do programa.

Uma vez que as atividades desenvolvidas foram divididas em dois grupos, a metodologia no que diz respeito ao levantamento e ao tratamento de dados também foi distinta.

### 4.3 USO FINAL DE ENERGIA ELÉTRICA NA UFSC

Em seu estudo de caso na Universidade Federal de Santa Catarina, GHISI (1997) concluiu que o resultado da análise de uso final de energia elétrica encontrada para os blocos B (salas de aula) e C (salas de professores e administrativas) do CTC pode ser extrapolada para todo o campus. Essa estimativa para o campus é apresentada na Figura 1, que indica um uso final de maior representatividade para o sistema de iluminação artificial, com 63% de participação no consumo total anual.

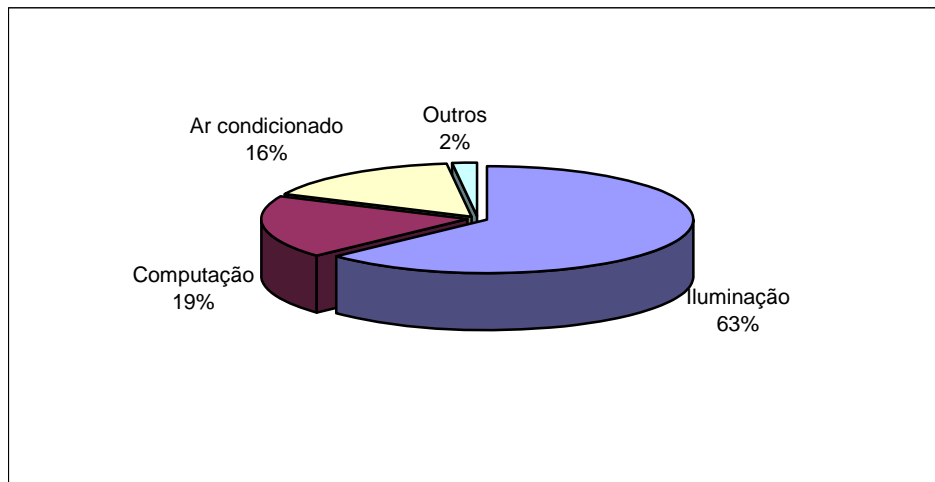


Figura 1. Uso final de energia elétrica estimado para o campus universitário da UFSC.

Em geral, as salas de aula da UFSC são equipadas por luminárias com refletores brancos e capacidade para 2 lâmpadas fluorescentes de 65W, que têm sido gradativamente substituídas por lâmpadas de 58W. Os reatores são eletromagnéticos de partida convencional, que atendem a duas lâmpadas (duplos).

As salas de professores e administrativas do campus, possuem em geral luminárias com 2 lâmpadas fluorescentes de 40W e reator eletromagnético duplo.

WESTPHAL et al. (2002) já haviam identificado redução (5,8%) no consumo do campus (12,8GWh) a partir de 2000, provavelmente provocado pelo aumento da eficiência energética das novas edificações.

#### **4.3.1 VERIFICAÇÃO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL**

Durante o estudo sobre o prédio do Departamento de Engenharia Civil, LEE et al. (2001) calibraram o modelo dos prédios utilizando o *software* VisualDOE através de medições *in-loco*. Alternativas de projetos, menos eficientes, adotadas nas obras típicas da UFSC foram simuladas e comparadas com o modelo calibrado a fim de se determinar a economia de energia alcançada.

As primeiras medidas adotadas para promover o uso eficiente de energia elétrica nos prédios da Engenharia Civil envolveram a instalação de um sistema central de condicionamento de ar, proteções solares nas janelas, aproveitamento da iluminação natural através de prateleiras de luz e sistema de iluminação artificial composto por lâmpadas T8 de 32W, luminárias com refletor de alumínio de alta pureza e reatores com alto fator de potência.

Através de simulações energéticas no *software* VisualDOE, LEE et al (2001) verificaram que os conceitos de eficiência energética adotados nos 2 novos prédios da Engenharia Civil, da UFSC, proporcionam uma economia equivalente a 24% do consumo anual de energia elétrica desses prédios. Já a redução obtida na demanda representa 64% do valor máximo registrado durante o ano. Em relação ao consumo dos dois sistemas afetados pelas medidas de conservação de energia elétrica (iluminação e ar-condicionado), a economia obtida equivale a 38%.



## 5. METODOLOGIA

### 5.1 INTRODUÇÃO

A avaliação do potencial de redução do consumo de energia elétrica na Universidade Federal de Santa Catarina dividiu-se em três etapas. A primeira foi o acompanhamento mensal das tarifas de energia elétrica, com base nos arquivos digitais enviados pela CELESC. A segunda etapa foi o levantamento das condições atuais do sistema de iluminação da UFSC, através de visitas técnicas a cada setor do campus universitário. A terceira etapa foi a estimativa de redução de energia elétrica no campus universitário. Todas as etapas ocorreram paralelamente à revisão bibliográfica.

### 5.2 ANÁLISE DAS CONTAS DE ENERGIA ELÉTRICA

A UFSC possui edificações abastecidas em baixa tensão, e edificações abastecidas em alta tensão, estas últimas enquadradas na Tarifa Convencional e Horo-Sazonal Verde. Os medidores mais expressivos são, Campus Universitário e Hospital Universitário (Tarifa Horo - Sazonal Verde) pois juntos respondem por 75,4% do consumo de energia elétrica anual e 78,5% do custo com eletricidade na UFSC.

A CELESC, envia mensalmente ao LabEEE a memória de massa desses dois medidores, contendo pulsos, que são processados através de um programa computacional. Após o processamento, o arquivo passa a ter o formato texto, “.txt”, contendo dados medidos com intervalos de 15 minutos. Posteriormente, os dados são processados através de planilha eletrônica. No programa Excel, através de algoritmos, organiza-se os dados e a planilha então passa a possuir valores de demandas diários, num intervalo de 15 minutos. Através desses dados, pode-se extrair várias informações, como Demandas máxima e mínima, Fator de Carga e Consumo. Com relação ao Fator de Potência o processo é o mesmo, porém, os arquivos vêm em separado. Todos os dados são transformados em gráficos, para facilitar a visualização da situação que a Universidade se encontra, em termos de uso racional de energia elétrica.

A partir das informações retiradas das contas de energia elétrica, foi possível compor uma homepage que agrupa as informações organizadamente.

### 5.3 LEVANTAMENTO DO SISTEMA DE ILUMINAÇÃO

Outra atividade desenvolvida foi o levantamento do sistema de iluminação artificial da UFSC, que procurou verificar as condições reais do sistema atualmente instalado na universidade. A partir desses dados o sistema adotado é analisado a fim de propor um *retrofit* e também especificações para a compra de novos produtos e contratação de novos projetos.

O levantamento do sistema de iluminação artificial da UFSC foi iniciado em novembro de 2001. Anteriormente à visita fez-se necessário um estudo dos parâmetros necessários à pesquisa, que seriam observados durante o levantamento.

O Hospital Universitário não foi incluído no roteiro do levantamento, por se tratar de um ambiente muito complexo e com restrições a visitas em determinados locais.

Os locais visitados foram divididos em setores, quais sejam, Salas de Aula, Salas Administrativas e Salas de Professores. Durante a visita foram observados vários parâmetros no que diz respeito ao ambiente físico e à iluminação.

Com relação ao ambiente físico foram observadas as cores do teto, das paredes e do piso, bem como o material de revestimento. Através do Fator de Utilização, obtemos um valor referente ao desempenho da luminária que representa a porcentagem do fluxo luminoso emitido pelas lâmpadas que consegue atingir o plano de trabalho. Tal fator depende do rendimento da luminária e como a luz se distribui a partir de seu corpo ótico, das deflexões das superfícies da sala (teto, piso e parede) assim como, do índice de recinto (proporções geométricas da área em questão). Portanto para um local que possua baixo Fator de Utilização é necessário um número maior luminárias ou luminárias mais potentes, para atingir valores de iluminamento ideais.

A análise da iluminação se restringiu a observar as lâmpadas e luminárias utilizadas. Foi detectado o tipo de lâmpada e sua potência, também o tipo de luminária e refletor.

A Tabela 1 apresenta o roteiro seguido durante as visitas técnicas aos locais selecionados.

**Tabela 1. Modelo de tabela utilizada durante as visitas técnicas.**

<b>CENTRO</b>				
<b>LOCAL</b>	ÁREA DE CIRCULAÇÃO	AULA	ADM	PROF
<b>LÂMPADAS</b>	POTÊNCIA			
<b>LUMINÁRIAS</b>	REFLETOR	alumínio polido	branco	
		parabólico		
<b>LUMINÁRIAS</b>	ALETAS	alumínio polido	branca	
		parabólicas		
<b>COR</b>	TETO			
	PAREDE			
	PISO			
<b>OBSERVAÇÕES</b>				

Foram tiradas fotos dos locais para melhor ilustrar as reais condições em que o sistema de iluminação da universidade se encontra.

#### **5.4 PROPOSTA DE RETROFIT**

Um novo sistema de iluminação é proposto para as salas de aula, administrativas e de professores da UFSC, segundo as especificações apresentadas por GHISI (1997) para projetos eficientes no campus.

A partir das informações oriundas do levantamento do sistema de iluminação artificial da universidade, estima-se o número total de luminárias existentes nestes ambientes e conhecendo-se os valores das respectivas áreas, determina-se a razão luminárias/m<sup>2</sup>. Aplicando-se este coeficiente ao total de área construída por tipo de iluminação para cada tipo de ambiente (salas de aula, administrativas e professores) no campus, tem-se a quantidade aproximada de luminárias necessárias para o *retrofit* geral. Com a potência de cada conjunto de lâmpadas e reatores propostos e atuais, o padrão de uso das salas e as tarifas de energia elétrica aplicadas pela concessionária local, pode-se estimar a redução no consumo, na demanda e nos custos com energia elétrica na UFSC.

## 6. RESULTADOS

### 6.1 ANÁLISE DAS CONTAS DE ENERGIA ELÉTRICA

#### 6.1.1 CAMPUS UNIVERSITÁRIO (TARIFA HORO-SAZONAL VERDE)

Este é o principal medidor de energia elétrica da UFSC, e compreende todo o campus Trindade, exceto o Hospital Universitário. No ano de 2001 registrou um consumo aproximado de 11GWh, contra 12GWh do ano anterior. Esse decréscimo pode ser explicado pela greve que teve início em agosto de 2001 e se estendeu até janeiro de 2002. Tal fato acarretará ainda um aumento no consumo do ano de 2002, esse aumento já pode ser percebido através do consumo médio diário apresentado na Figura 2.

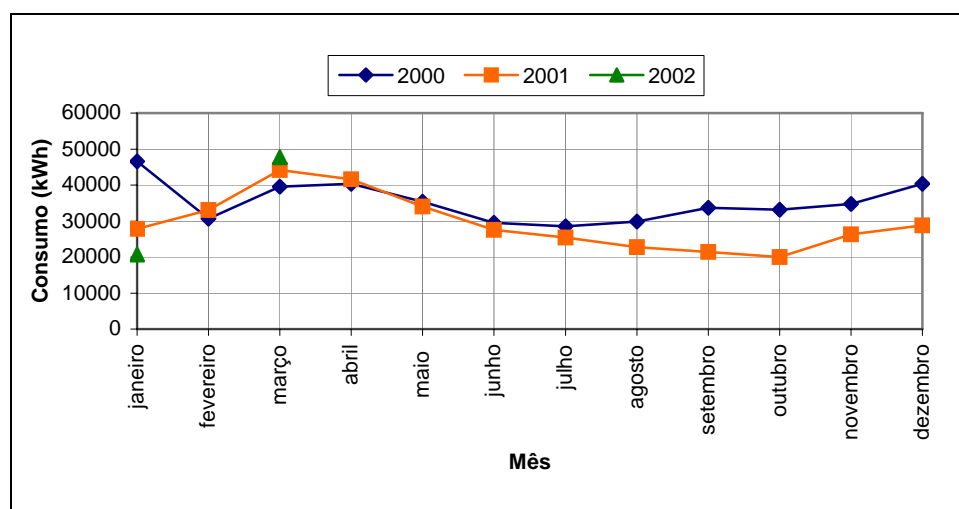


Figura 2. Consumo médio diário de energia elétrica na Cidade Universitária no período compreendido entre janeiro de 2000 e março de 2002.

O consumo e demanda de energia elétrica mensal do campus registrados no período de abril de 2001 a março de 2002 (último período de 12 meses de que se tem registro de consumo e demanda) são listados na Tabela 2.

**Tabela 2. Consumo e demanda mensal da cidade Universitária no período de um ano (abril/01 a março/02).**

Mês/Ano	Consumo (kWh)				Demanda (kW)		
	Ponta	Fora de Ponta	Total	Médio Diário	Ponta	Fora de Ponta	
						Medida	Contratada
Apr-01	151.599	1097.132	1248.731	41.624	3617	4824	4750
May-01	129.459	926.430	1055.889	34.061	3231	4671	3500
Jun-01	109.681	800.366	910.047	27.577	2324	2586	3500
Jul-01	91.141	671.776	762.917	25.431	2076	2160	3500
Aug-01	89.928	683.164	773.092	22.738	1644	2321	3500
Sep-01	56.974	477.816	534.790	21.392	1308	1803	3500
Oct-01	67.049	632.321	699.371	19.982	1276	1993	3500
Nov-01	70.681	796.187	866.868	26.269	1408	3303	3500
Dec-01	21.295	237.998	259.294	28.810	1296	3056	4750
Jan-02	61.798	829.251	891.050	20.722	795	3168	4750
Mar-02	135.734	1296.083	1431.817	47.727	3180	5452	4750
<b>Total</b>	<b>985</b>	<b>8449</b>	<b>9434</b>				

A Figura 3 apresenta a evolução mensal do consumo de energia elétrica no campus no período compreendido entre agosto de 2000 e março de 2002.

O consumo no período compreendido entre agosto de 2001 e janeiro de 2002 é menor do que o consumo desse mesmo período no ano anterior, pois durante esses meses a UFSC estava em greve. Pode-se verificar que o mês de dezembro apresenta um valor muito baixo para o consumo provavelmente devido a uma leitura precoce dos valores de consumo neste mês. Pode-se verificar também, que os valores de consumo registrados para o mês de março nos anos de 2001 e 2002 é praticamente o mesmo. Num primeiro momento poderia se pensar então que as medidas adotadas para a redução do consumo de energia elétrica no campus não surtiram efeito, porém vale lembrar que devido à greve haverá um deslocamento do consumo do ano de 2001 para o início do ano de 2002. O aumento da temperatura externa também deve ter provocado um aumento no consumo em 2001.

A temperatura no mês de março de 2002 esteve na faixa dos 27°C chegando a máxima de 33°C, contra 31°C registrados no mesmo mês do ano anterior (INMET - Instituto Meteorológico), o que acarreta um aumento do consumo de energia elétrica destinada à refrigeração. Além disso, o crescimento da área construída e a instalação de novas cargas, contribuem para o aumento desse consumo.

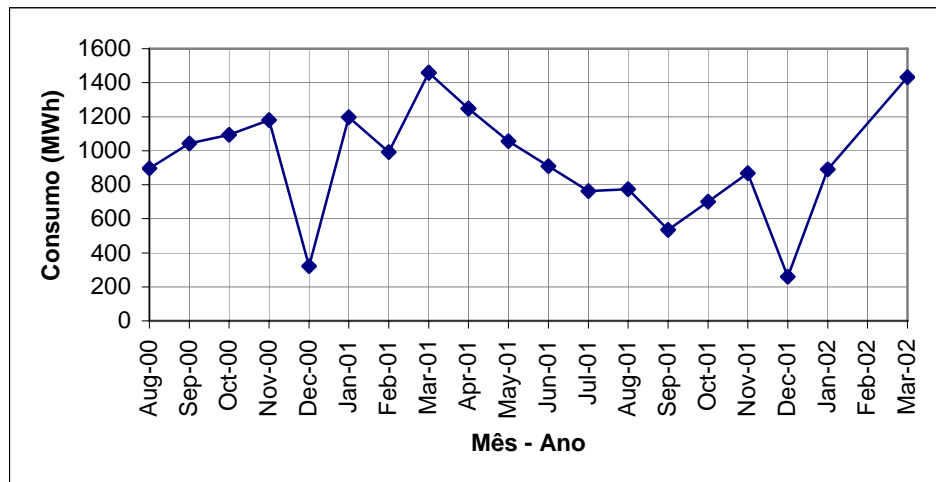


Figura 3. Consumo mensal de energia elétrica na Cidade Universitária entre agosto/2000 e março/2002.

Como o medidor Campus Universitário está enquadrado na Tarifa Horo-Sazonal Verde, a demanda contratada é diferenciada para os períodos seco e úmido, mas com mesmo valor tanto para o período de ponta quanto para fora de ponta.

A Figura 4 apresenta a evolução da demanda mensal de energia elétrica registrada e contratada para a Cidade Universitária, entre agosto de 2000 e março de 2002. Sobre a linha de demanda contratada foram plotados os valores de tolerância (10% da demanda contratada) para a ultrapassagem de demanda. Pode-se notar que a UFSC pagou por uma demanda que é muito maior do que a registrada em quase todo o período seco de 2001 (abril a outubro), pois a universidade encontrava-se sem aula. Seria importante um acompanhamento dos valores de demanda para os próximos meses a fim de se obter um estudo mais preciso, visto que a análise fica comprometida pela greve ocorrida durante o período.

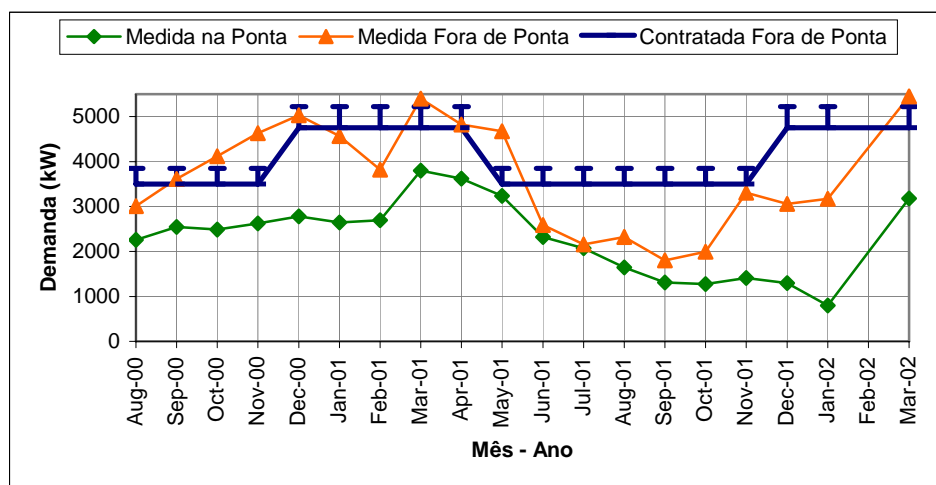


Figura 4. Demanda mensal de energia elétrica para a Cidade Universitária entre agosto de 2000 e março de 2002.

A Figura 5 apresenta a evolução do Fator de Potência (FP) médio mensal da Cidade Universitária entre agosto de 2000 e março de 2002. Os valores de FP estão acima do aceitável, 92%, o que significa que a universidade não está pagando por energia reativa excedente. O arquivo digital que continha os dados referentes ao mês de outubro possui falhas que geram valores de FP iguais para a ponta e fora de ponta. O baixo valor de FP para ponta no mês de janeiro de 2002 foi possivelmente ocasionado por um erro no arquivo digital que deverá ser reparado em breve.

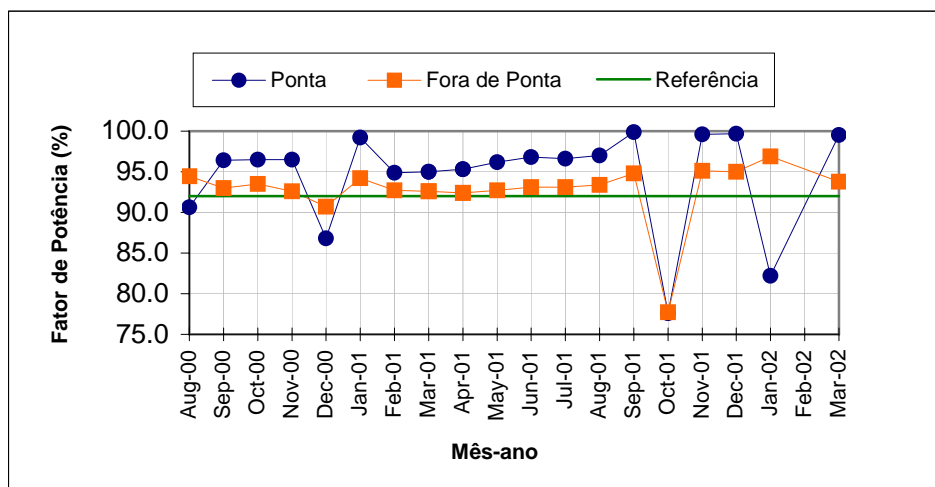


Figura 5. Fator de Potência médio mensal registrado na Cidade Universitária entre agosto de 2000 e março de 2002.

A Figura 6 apresenta o Fator de Carga (FC) mensal da Cidade Universitária entre agosto de 2000 e março de 2002, na qual verifica-se um aumento no FC registrado. Isto significa que o medidor Campus Universitário registrou demanda máximas mais próximas das demandas médias, o que implica num menor custo com energia elétrica e melhor utilização da demanda contratada.

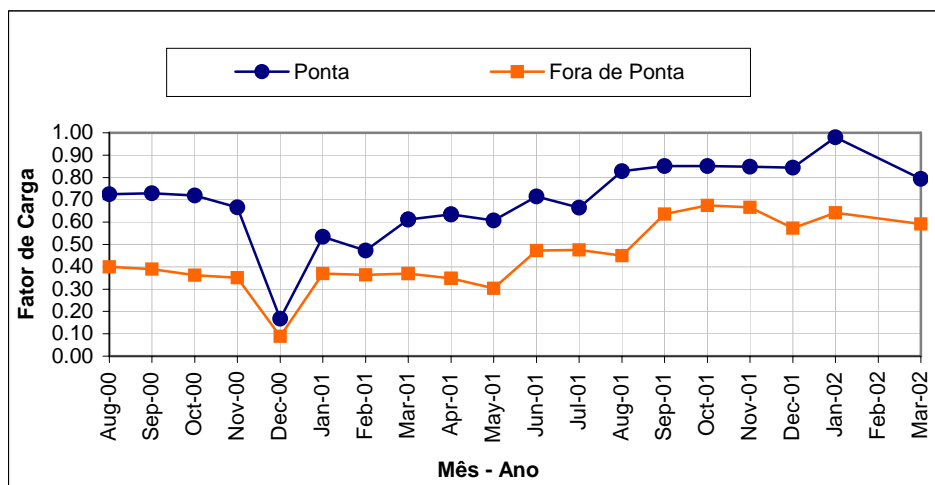


Figura 6. Fator de carga mensal registrado na Cidade Universitária entre agosto de 2000 e março de 2002.

### 6.1.2 HOSPITAL UNIVERSITARIO (TARIFA HORO-SAZONAL VERDE)

O medidor Hospital Universitário (HU) é o segundo maior da UFSC e responde por 19,2% do consumo de energia elétrica na instituição, o que representa 17,0% do custo total com energia elétrica.

A Figura 7 apresenta o consumo de três anos consecutivos 2000, 2001 e 2002 (incompleto). Pode-se perceber que o consumo de energia elétrica a partir do mês de maio foi menor no ano de 2001 em relação a 2000, provavelmente devido à greve dos servidores do HU.

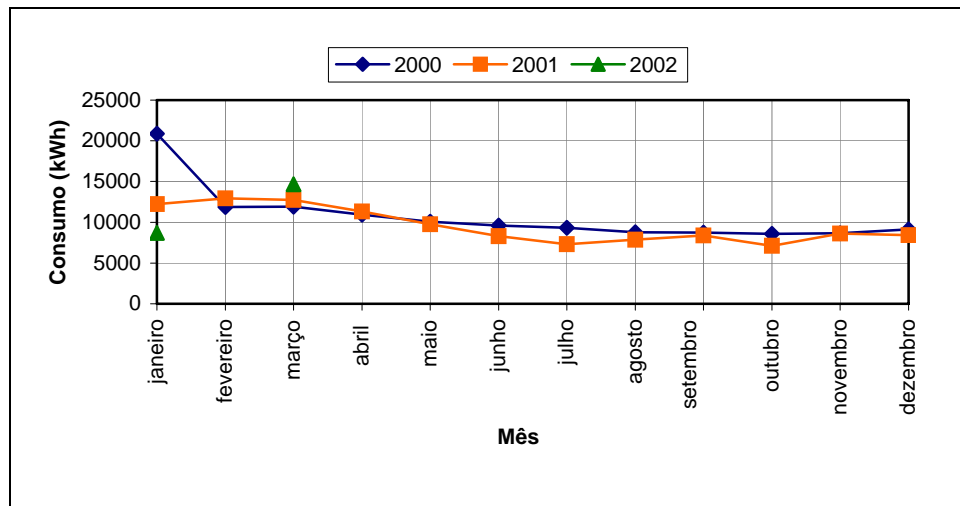


Figura 7. Consumo médio diário de energia elétrica no Hospital Universitário no período compreendido entre agosto de 2000 e março de 2002.

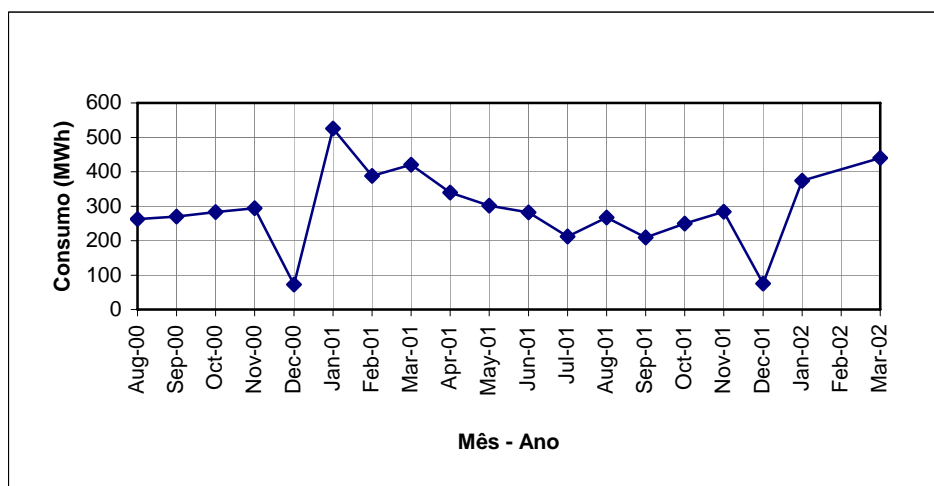
A Tabela 3 apresenta os valores de consumo e demanda para o medidor do Hospital Universitário para o último período de 12 meses. A demanda contratada para o período úmido é de 1250 kW e para o período seco é de 1150 kW. Durante esse período a UFSC pagou multa apenas nos meses de maio de 2001 e março de 2002. O consumo total de energia elétrica foi de 3 GWh.



**Tabela 3. Consumo e demanda de energia elétrica mensal do Hospital Universitário no período de um ano (abril/2001 a março/2002).**

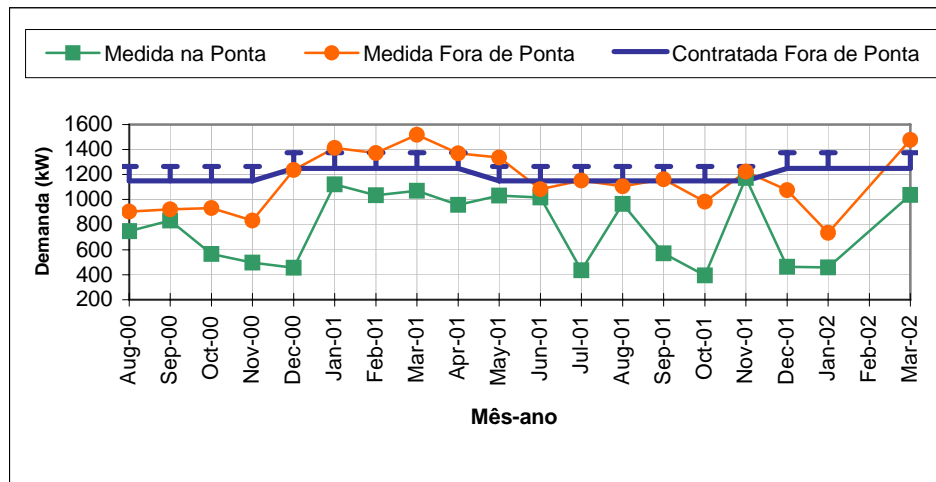
Mês	Consumo (MWh)				Demanda (kW)		
	Ponta	Fora de Ponta	Total	Médio Diário	Ponta	Fora de Ponta	
						Medida	Contratada
Apr-01	29.723	309.638	339.361	11.312	958	1371	1250
May-01	26.940	274.660	301.600	9.729	1031	1336	1150
Jun-01	26.267	255.315	281.582	8.282	1017	1084	1150
Jul-01	20.299	191.331	211.630	7.298	437	1151	1150
Aug-01	24.067	243.258	267.326	7.863	964	1107	1150
Sep-01	19.018	189.863	208.880	8.355	570	1164	1150
Oct-01	21.043	228.057	249.100	7.117	395	983	1150
Nov-01	24.667	259.186	283.853	8.602	1172	1223	1150
Dec-01	7.157	68.520	75.677	8.409	463	1076	1250
Jan-02	26.992	346.784	373.776	8.692	460	736	1250
Mar-02	30.006	410.068	440.074	14.669	1038	1477	1250
<b>TOTAL</b>	<b>256.179</b>	<b>2776.679</b>	<b>3032.858</b>				

A Figura 8 apresenta o consumo mensal do HU entre agosto de 2000 e março de 2002. O consumo no mês de janeiro de 2001 é aparentemente o maior, porém como ocorre em todos os anos uma antecipação da leitura do mês de dezembro, grande parte do consumo que seria desse mês é registrada como sendo do mês de janeiro. Portanto o mês de março de 2002 registrou o maior consumo de energia elétrica dentro do período analisado. A média diária para esse mês foi de 14.669 MWh, 15% a mais que a média diária para esse mesmo mês no ano anterior.



**Figura 8. Consumo mensal de energia elétrica no Hospital Universitário entre agosto de 2000 e março de 2002.**

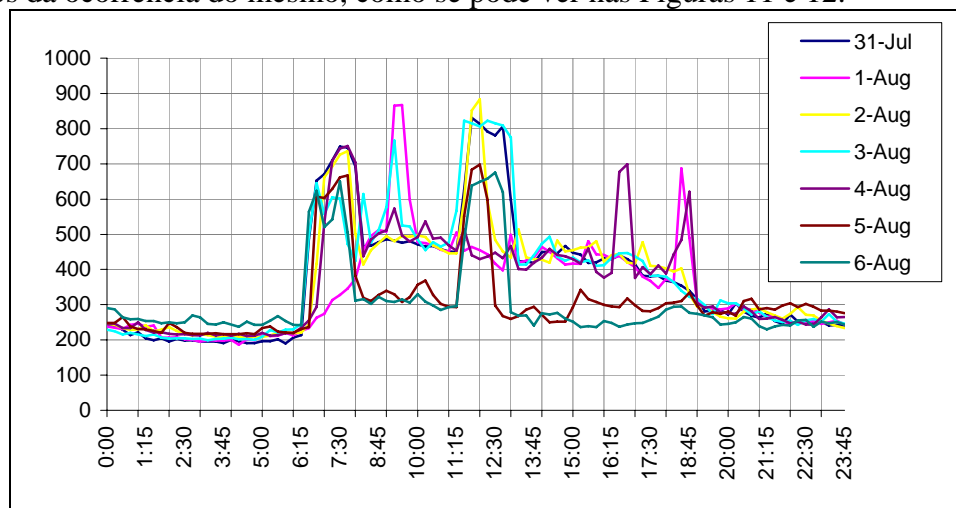
A Figura 9 apresenta a evolução da demanda mensal de energia elétrica registrada e contratada para o HU entre agosto de 2000 e março de 2001. Sobre a linha de demanda contratada foi plotada a tolerância para a ultrapassagem (10% do valor de demanda contratada).



**Figura 9.** Demanda mensal de energia elétrica para o Hospital Universitário entre agosto de 2000 e março de 2002.

Pode-se perceber que entre jan/01 e maio/01, a universidade pagou multa, devido aos valores medidos de demanda serem superiores aos valores contratados. Faz-se necessário um estudo para verificar se a melhor alternativa seria aumentar o valor de demanda contratada, ou mantê-lo e pagar multa, visto que no período seguinte apenas o mês de março registrou valores de demanda superiores a contratada. Como o período em estudo ficou afetado devido à greve impedindo a análise dos valores de demanda contratada, uma medida a ser tomada a fim de evitar valores de demanda registrados acima da tolerância, seria evitar as ligações de cargas significativas ao mesmo tempo.

A Figura 10 apresenta os valores registrados de demanda para uma semana do mês de agosto do ano de 2000. A demanda possuía picos, principalmente no meio-dia. Esse fato foi constatado e as medidas foram tomadas a fim de minimizar e até eliminar os motivos da ocorrência do mesmo, como se pode ver nas Figuras 11 e 12.



**Figura 10.** Valores de demanda registrados para o Hospital Universitário numa semana de agosto/2000, antes da intervenção.

Todos os meses foram analisados para afirmar a constatação da homogeneização da demanda do HU, que ocorreu a partir da terceira semana de junho de 2001. Para ilustrar este acontecimento, foram escolhidos dois meses, um compreendido no período seco e outro no período úmido. Esses meses foram novembro de 2001 e março de 2002, apresentados nas Figuras 11 e 12 respectivamente. Nesses meses pode-se verificar que o pico ao meio-dia não ocorre mais. A demanda agora é praticamente constante nos dois segmentos que caracterizam o uso de energia elétrica, ou seja, 7:00-18:00 e a partir das 18:00 até as 7:00.

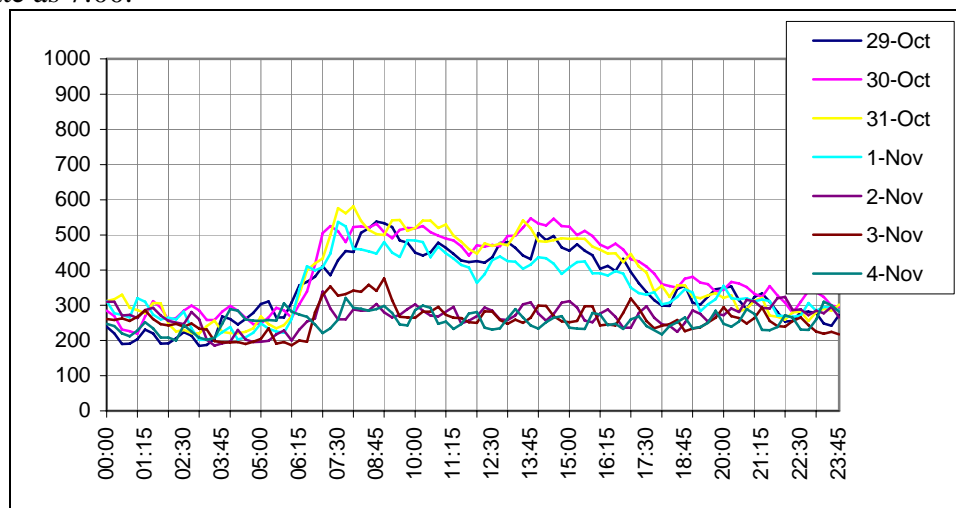


Figura 11. Valores de demanda registrados para o Hospital Universitário numa semana de novembro de 2001.

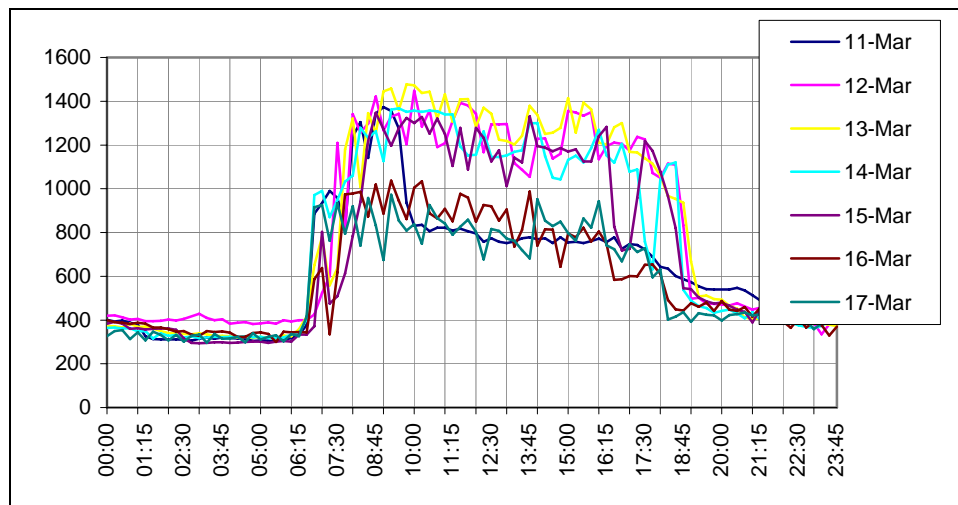


Figura 12. Valores de demanda registrados para o Hospital Universitário numa semana de março de 2002.

A Figura 13 apresenta o Fator de Carga (FC) mensal do HU entre agosto de 2000 e março de 2002. Nota-se que a partir de agosto de 2001 os valores de FC aumentaram consideravelmente, isso ocorreu, porque a partir desse mês não acontecem mais os picos de demanda que ocorriam no HU.

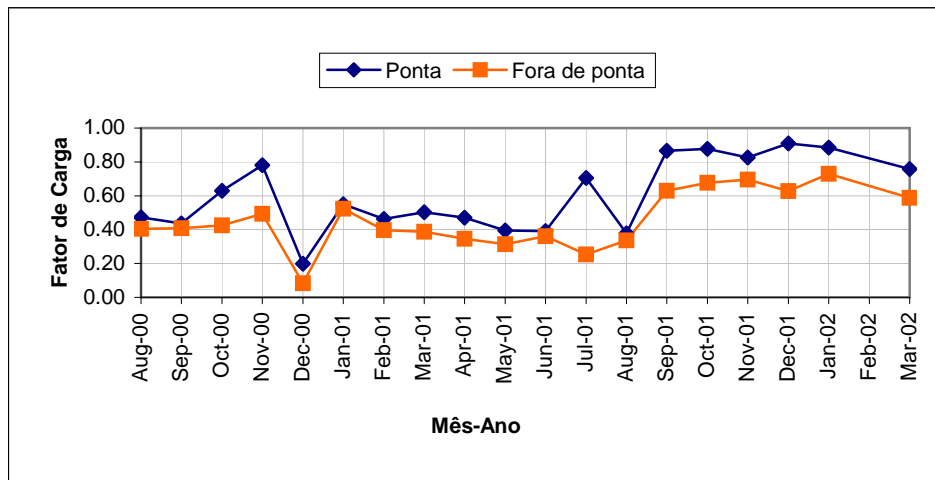


Figura 13. Fator de Carga mensal do Hospital Universitário entre agosto de 2000 e março de 2002.

A Figura 14 apresenta a evolução do Fator de Potência (FP) médio mensal do HU entre agosto de 2000 e março de 2002. Desde agosto o FP oscila entre 76% e 90%, porém no mês de outubro de 2001, o FP chegou a valores bem maiores que dos meses anteriores, isso pode ter ocorrido devido às falhas do arquivo digital repassado pela CELESC, pois nos meses que se seguem esses valores caem e permanecem praticamente constantes.

Um aumento no FP deveria ser estudado, já que este se encontra bem abaixo do desejado.

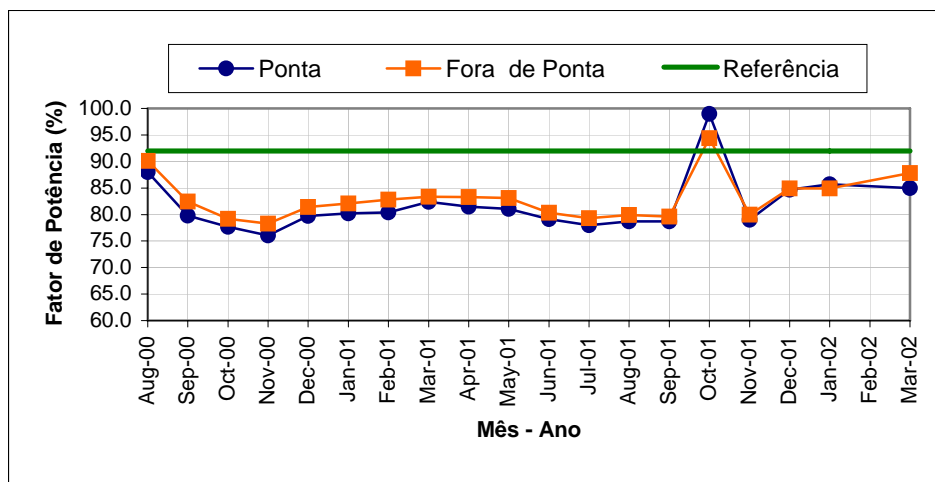


Figura 14. Fator de Potência médio mensal registrado no Hospital Universitário entre março de 2001 e março de 2002.

## 6.2 PÁGINA PRUEN

A partir de todas as informações, fornecidas através das contas de energia elétrica e ainda do Relatório PRUEN (Versão Preliminar 01), elaborado pelo LabEEE, foi possível a criação de uma página, que tem como principal objetivo, atender aos interesses das pessoas que fazem parte do PRUEN, ou seja, mantê-los informados da situação em que a Universidade se encontra. A página é bem detalhista com relação às informações técnicas, atendendo, é claro, à função para a qual foi criada. A página funciona como uma “radiografia” da universidade no que diz respeito à energia elétrica. O endereço é: <http://150.162.76.26/pruen> e está liberado para acesso apenas da rede interna da UFSC.

### PRUEN

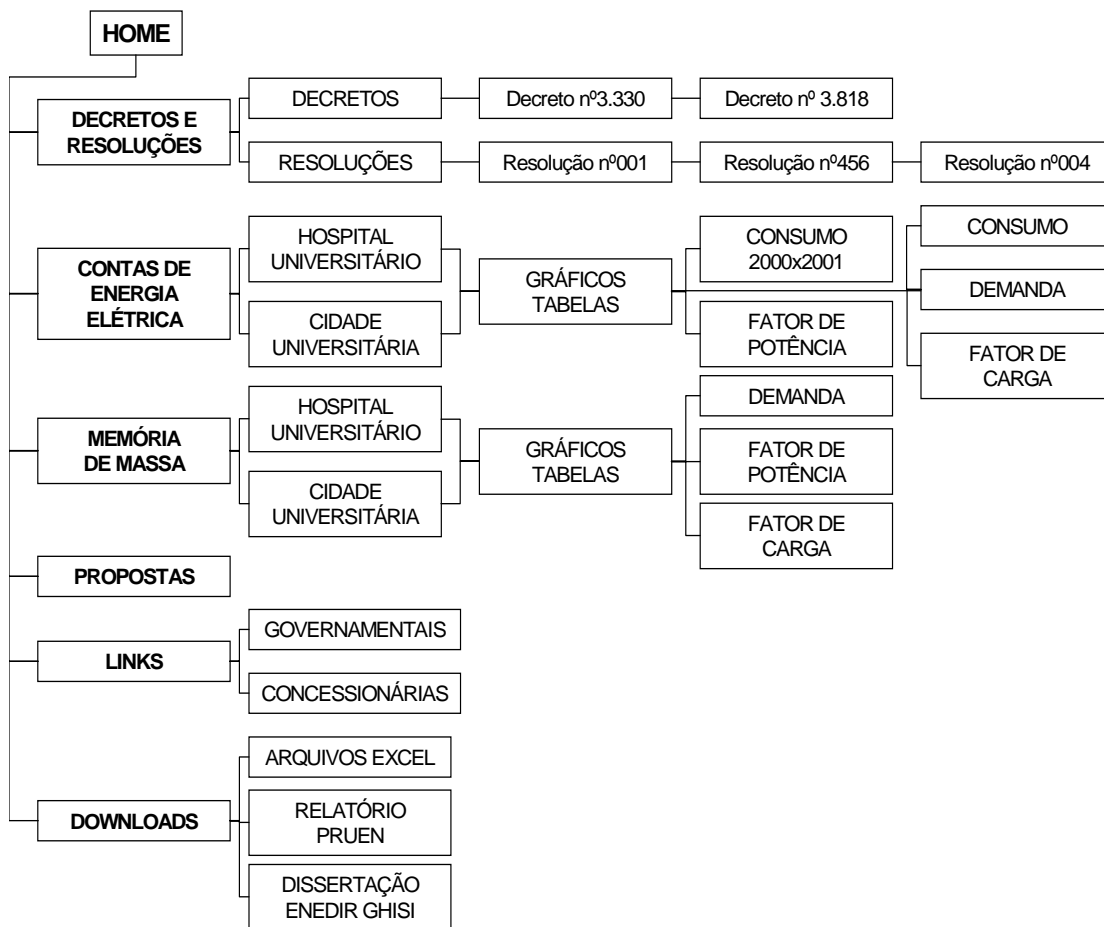


Figura 15 . Mapa da página

### 6.3 SISTEMA DE ILUMINAÇÃO DO CAMPUS

A Universidade Federal de Santa Catarina apresenta um grande potencial de redução de custo com energia elétrica no que diz respeito à iluminação. Por esse motivo foram verificadas as condições reais do sistema de iluminação atualmente instalado na UFSC a fim de propor um *retrofit*, especificações para a compra de novos produtos e contratação de novos projetos.

A área total do Campus é 220.000,00 m<sup>2</sup>, sendo que 41.300,00 m<sup>2</sup> são ocupados por Salas de Aula, Administrativas e de Professores, o que corresponde a 19% do total. A área analisada corresponde a 33.648,89 m<sup>2</sup>, ou seja, 15% do total e 81,5% da área que realmente interessa ao estudo. Os dados levantados *in loco* restringiram-se às Salas Administrativas, Salas de Aula e Salas de Professores, por possuírem níveis de iluminação semelhantes e distribuição uniforme de luminárias. Juntos esses locais representam 15% da área total construída na universidade.

Durante as visitas técnicas constatou-se que o sistema de iluminação do campus é composto na sua maioria por lâmpadas fluorescentes de 40W e 65W, e por luminárias com refletores brancos. Segundo WESTPHAL et al. (2002) a substituição do sistema de iluminação atual por um mais eficiente com lâmpadas de 32 W e luminárias com refletores de alumínio, nas salas de aula, de professores e administrativas da UFSC proporcionaria uma redução de 9,5% no consumo e 12% na conta de energia elétrica do campus universitário.

A exemplo de prédios como o da Engenharia Sanitária, que possui luminárias com refletores e aletas brancos, é preciso tomar conhecimento que esse tipo de sistema pode onerar os gastos com iluminação. As luminárias com refletor de alumínio sem aletas representam a melhor solução em termos de minimização de carga instalada em iluminação, seguidas muito próximo pelas luminárias com refletor de alumínio e aletas brancas, para qualquer refletância de parede. Desta forma GHISI (1997) sugeriu a utilização da primeira em ambientes sem necessidade de controle de ofuscamento e a segunda quando as instalações do ambiente exijam esse controle. Luminárias com refletor de alumínio anodizado e com aletas podem aumentar a carga instalada em iluminação em até 24,2% em comparação com estas mesmas luminárias sem aletas (GHISI, 1997).

**Tabela 4. Aumentos percentuais médios em carga instalada em iluminação em relação a luminária com refletor de alumínio sem aletas. (Fonte GHISI 1997)**

Tipos de luminárias	Aumento na carga instalada (%)
Refletor de alumínio sem aletas	0,0
Refletor de alumínio e aletas brancas	4,2
Refletor e aletas brancos	24,1
Refletor e aletas de alumínio	24,2
Refletor branco sem aletas	30,0
Refletor branco com difusor	53,3

A Tabela 5 mostra os locais visitados, durante o estudo, que continham os dados completos de áreas, o que interessava à análise, apesar disso outros locais foram visitados e as condições do sistema de iluminação verificadas. Esses outros locais estão listados na Tabela 6.

**Tabela 5. Locais visitados, áreas e respectivos sistemas de iluminação**

CENTRO	AULA		ADMINISTRAÇÃO		PROFESSOR	
	Tipo de luminária	Área (m <sup>2</sup> )	Tipo de luminária	Área (m <sup>2</sup> )	Tipo de luminária	Área (m <sup>2</sup> )
BU		0.00	RBSA58	457.40		0.00
CCE -Bloco A	SRSA40	757.97	SRSA40	874.14	SRSA40	1319.99
CCJ	RAAA32	592.64	RAAA32	288.70	RAAA32	348.40
CCS	RBSA65	1418.74	SRSA40	853.66	RBSA40	968.48
CDS	SRSA65	940.87	RBSA40	146.20	RBSA40	131.88
CED	SRSA40	757.97	RBSA32	844.24	RBSA32	580.01
CFH	SRSA65	1173.66	SRSA40	630.21	RBSA40	953.07
CFM	SRSA40	901.22	SRSA40	904.43	SRSA40	1769.66
Colégio de Aplicação A	SRSA40	387.42	SRSA40	231.67	SRSA40	43.97
Colégio de Aplicação B	RBSA40	457.81	RBSA40	66.31	RBSA40	43.06
Colégio de Aplicação C	SRSA40	48.27		0.00	SRSA40	133.10
Colégio de Aplicação D	RBSA65	673.83	RBSA65	49.54		0.00
Convivência	SRSA40	56.25	SRSA40	200.50		0.00
CSE	RBSA65	2021.63	RBSA40	582.64	RBSA40	795.82
CTC – Bloco A	RBSA40	79.13	RBSA40	88.71		0.00
CTC – Bloco B	RBSA65	1736.41		0.00		0.00
CTC – Bloco C	RBSA40	97.38	RBSA40	138.32	RBSA40	343.95
CTC – Bloco D	RBSA110	47.83	RBSA110	23.86	RBSA110	138.85
CTC – Bloco E	SRSA65	865.70	SRSA65	136.55	SRSA65	105.49
DAC	SRSA40	133.60	SRSA40	67.62		0.00
DAE		0.00	SRSA40	202.14		0.00
DAEx		0.00	RAAB32	69.26		0.00
DAG	RBSA110	146.12	RBSA110	208.65		0.00
ECV	RASA32	267.92	RASA32	240.30	RASA32	1455.82
ETUSC		0.00	RASA32	115.42		0.00
IU		0.00	SRSA40	90.24		0.00
MUSEU		0.00	RBSA32	54.31		0.00
NDI	SRSA40	501.85	SRSA40	34.50		0.00
PROJETO LARUS	SRSA40	23.59	SRSA40	26.03		0.00
PU		0.00	SRSA40	347.57		0.00
REITORIA 1		0.00	RAAB32	990.34		0.00
REITORIA 2		0.00	RBSA40	1165.28		0.00
REITORIA 3		0.00	RBSA65	99.83		0.00
RU		0.00	SRSA40	200.96		0.00
<b>TOTAL</b>		<b>14087.81</b>		<b>10429.53</b>		<b>9131.55</b>

**Tabela 6. Significado da nomenclatura adotada para classificar os tipos de sistema de iluminação encontrados nas salas de aula, de professores e administrativas.**

Tipos de Luminárias	Código
Sem refletor e sem aletas	SRSA
Refletor branco sem aletas	RBSA
Refletor de alumínio sem aletas	RASA
Refletor e aletas brancos	RBAB
Refletor e aletas de alumínio	RAAA
Refletor de alumínio e aletas brancas	RAAB
Refletor branco com difusor leitoso	RBCD

**Tabela 7. Relação dos locais visitados e sistemas de iluminação (sem as respectivas áreas)**

CENTRO	AULA	ADMINISTRAÇÃO	PROFESSOR
	Tipo de luminária	Tipo de luminária	Tipo de luminária
CCE -BLOCO B	RBAB32	RBAB32	RBAB32
FSC - COLINA	SRSA40		SRSA40
CFH - Biblioteca		SRSA40	
CFH - Pós	SRSA40	SRSA40	SRSA32
NUCLEIND	SRSA40	SRSA40	SRSA40
AGECOM		SRSA65	
ARQUITETURA	SRSA65	SRSA65	SRSA65
EDITORA ESAI - Térreo		SRSA40	
EDITORA ESAI - 1º Andar		RBSA40	
EDITORA ESAI - 2º Andar		RAAB32	
FAPEU		RAAB32	
FEESC		SRSA40	
FEESC - NOVO		RAAA20	
INE		RBSA40	RBSA40
MECÂNICA - BLOCO B	SRSA40	RBSA40	RBSA40
SANITÁRIA	RBAB32	RBAB32	RBAB32
CCB-ECZ	RASA32	RASA32	RASA32
CCB-MIP	RAAA32	RAAA32	RAAA32

Alguns prédios (Engenharia Civil, Centro de Ciências Jurídicas, Centro de Ciências Biológicas - MIP/ECZ, Engenharia Sanitária, Centro de Comunicação e Expressão – Bloco B e ETUSC) possuem luminárias e lâmpadas eficientes, porém nesses prédios, com exceção da Engenharia Civil, existe um fator a ser questionado, que é o nível de iluminação necessário ao desenvolvimento das atividades, pois esses locais podem estar apresentando níveis maiores que o necessário, prejudicando os usuários e aumentando os custos com energia elétrica. Segundo WESTPHAL et al. (2002), atualmente as salas de aula desta universidade apresentam uma potência média instalada em iluminação de  $27,6 \text{ W/m}^2$  e as salas onde se realizam atividades administrativas apresentam uma potência média instalada de  $30,8 \text{ W/m}^2$ . Estes valores podem ser reduzidos facilmente através da utilização de tecnologias energeticamente eficientes para valores entre  $8$  e  $10 \text{ W/m}^2$ .



A manutenção adequada do sistema de iluminação também deve ser questionada, pois notou-se um número satisfatório de lâmpadas sujas, como pode ser visto na Figura 16, queimadas e com o seu prazo de vida útil ultrapassado, diminuindo a eficiência do sistema. Além disso as luminárias estão muitas vezes sujas ou manchadas, o que diminui a reflexão das mesmas. A manutenção do sistema é um fator importante para se garantir a eficiência de um projeto luminotécnico.



Figura 16. Falta de manutenção do sistema de iluminação - Sala de triagem do CCS

A Tabela 8 mostra o tipo de iluminação referente a cada setor analisado, pode-se constatar que a maioria das Salas de Aula possui lâmpadas de 65W e luminárias com refletor branco sem aletas, ou seja, 42% do total de Salas de Aula, nas Salas Administrativas e de Professores o tipo de luminária mais comum é aquela sem refletor e aletas, seguidas pelas luminárias com refletor branco e a lâmpada mais utilizada é a fluorescente tubular de 40W. Nas Salas de Professores podemos perceber um aumento no número de luminárias eficientes e lâmpadas mais econômicas, ou seja, luminárias com refletor de alumínio anodizado e lâmpadas de 32W, com relação aos outros ambientes, 18% da área das Salas de Professores utiliza um sistema de iluminação eficiente.

Tabela 8. Tipo de iluminação existente nas Salas de Aula, Administrativas e de Professores.

KIT	AULA (m <sup>2</sup> )	ADM (m <sup>2</sup> )	PROF (m <sup>2</sup> )	TOTAL (m <sup>2</sup> )
SRSA40	3568.14	4663.67	3266.72	11498.53
SRSA65	2980.23	136.55	105.49	3222.27
RBSA32	0.00	898.55	580.01	1478.56
RBSA40	634.32	2187.46	3236.26	6058.04
RBSA58	0.00	457.40	0.00	457.40
RBSA65	5850.61	149.37	0.00	5999.98
RASA32	267.92	355.72	1455.82	2079.46
RAAA32	592.64	288.70	348.40	1229.74
RAAB32	0.00	1059.60	0.00	1059.60
RBSA110	193.95	232.51	138.85	565.31
<b>Total</b>	<b>14087.81</b>	<b>10429.53</b>	<b>9131.55</b>	<b>33648.89</b>

### 6.3.1 Salas de Aula

Foi constatado que 42% da área total das Salas de Aula possuem sistema de iluminação composto por luminária com refletor branco sem aletas e lâmpadas de 65W

(menos eficiente) contra os 2% referentes ao sistema eficiente (luminária com refletor de alumínio sem aletas e lâmpadas de 32W). A substituição de luminárias com refletor branco sem aletas por luminárias com refletor de alumínio sem aletas permite uma redução média na carga instalada em iluminação de 28% (Figuras 18 e 19).

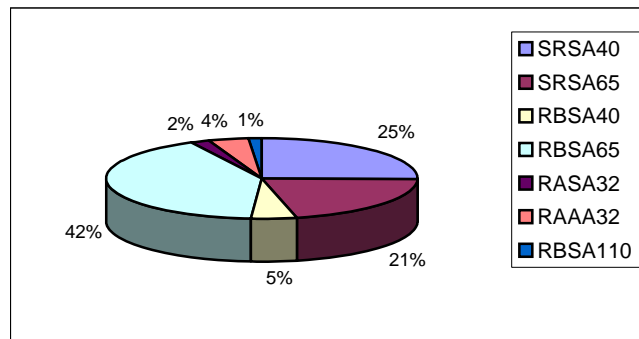


Figura 17. Tipo de iluminação instalado nas Salas de Aula.



Figura 18. Exemplo de Iluminação utilizado em 42% das Salas de Aulas da UFSC - CCS



Figura 19. Exemplo de Suporte de lâmpadas de 40W utilizado em 25% das Salas de Aula

### 6.3.2 Salas Administrativas

45% das Salas Administrativas possuem um sistema composto por luminária sem refletor e sem aletas e lâmpadas de 40W, 21% por luminárias com refletor branco sem aletas e lâmpadas de 40W. Considerando também as salas que possuem lâmpadas de 65W e 110W, 84% das áreas Administrativas possuem iluminação ineficiente, um exemplo é a situação da Prefeitura Universitária (Figura 23) que possui suportes com capacidade para até 4 lâmpadas. Por outro lado existem as salas que possuem sistema de iluminação eficiente como é o caso do ETUSC (Figura 24), mas mesmo assim apenas 9% desses locais possuem luminárias com refletor de alumínio e lâmpadas de 32W.

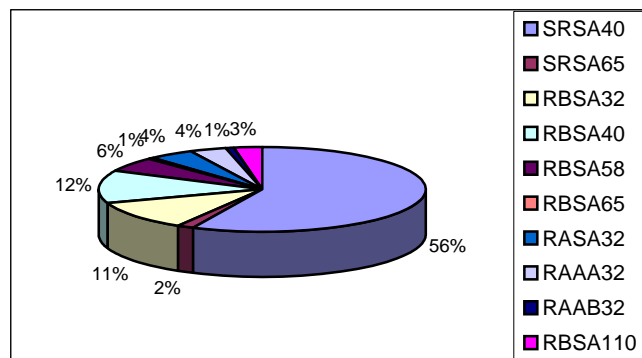


Figura 20. Tipo de iluminação instalado nas Salas Administrativas.



Figura 21 . Exemplo de Iluminação utilizado em 56% das Salas Administrativas da UFSC - DAE



Figura 22. Exemplo de Iluminação utilizado em 12% das Salas Administrativa da UFSC - CCS



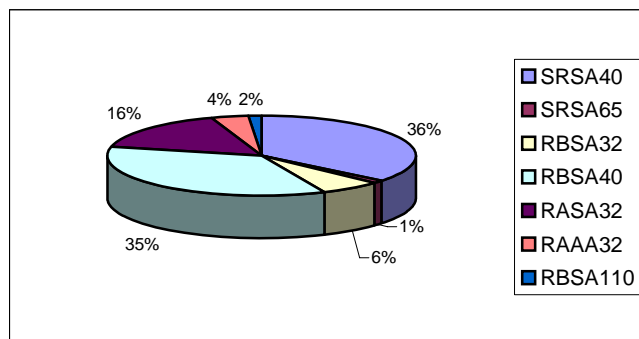
Figura 23. Administração da Prefeitura Universitária



Figura 24. Escritório Técnico Administrativo da USFC

### 6.3.3 Salas de Professores

As Salas de Professores possuem uma parcela mais significativa (16%) de luminárias com refletor de alumínio sem aletas e lâmpadas de 32W, porém 36% desses ambientes possuem luminárias sem refletores com lâmpadas de 40W e 35% utilizam luminárias com refletor branco sem aletas com lâmpadas de 40W.



**Figura 25. Tipo de iluminação instalado nas Salas de Professores.**



**Figura 26. Exemplo de Iluminação presente em 35% das Salas de Professores da UFSC - CCS**



**Figura 27. Exemplo de Suporte para lâmpadas utilizado em 81% das Salas de Professores da UFSC - Colégio de Aplicação**

Em alguns locais da universidade é possível encontrar ainda sistemas de iluminação muito deficientes, na Figura 28 pode-se ver um local com excesso de luminárias, na Figura 29 as luminárias são instaladas entre as vigas, isso ocorre também no CTC, na Figura 30 no prédio da Engenharia Mecânica ainda existem lâmpadas incandescentes nos corredores e na Figura 31 as lâmpadas estão instaladas apenas com suporte e a uma altura considerada desnecessária.



**Figura 28. Sala de Triagem do CCS**



**Figura 29. Corredor do CCS**



Figura 30. Prédio da Engenharia Mecânica



Figura 31. Sala de aula do CDS

## 6.4 REDUÇÃO NO CONSUMO DO CAMPUS

### 6.4.1 Sistema de iluminação atual

A partir da contagem de luminárias e levantamento de área construída estima-se o número de luminárias por m<sup>2</sup> por tipo de ambiente. Os resultados obtidos para as salas de aula são apresentados na Tabela 9. O consumo anual de energia elétrica nesse ambiente foi estimado em 995 MWh, a um custo de R\$ 313.273, 00. A densidade de potência média desses ambientes é de 25 W/m<sup>2</sup>.

Tabela 9. Estimativa de custo anual com energia elétrica em iluminação nas salas de aula do campus.

Ambiente	Salas de Aula					Total
	RBSA65	SRSA40	SRSA65	RBSA40	RBSA110	
Tipo de Iluminação						
Área (m <sup>2</sup> )	5851	3568	2980	634	194	13.227,25
Luminárias/m <sup>2</sup>	0,1818	0,2338	0,1558	0,2857	0,1039	
Nº Luminárias	1064	834	464	181	20	2.564
Potência por Luminária (W)	147	100	147	100	275	
Potência Total (kW)	156	83	68	18	6	332
Densidade de Potência (W/m <sup>2</sup> )	26,73	23,38	22,91	28,57	28,57	25,08
Consumo Anual (MWh)	469	250	205	54	17	995
Custo Anual de Energia Elétrica	147.674	78.772	64.477	17.115	5.233	313.273

Os resultados obtidos para as salas administrativas estão representados na Tabela 10. Pode-se observar que a densidade de potência nesses ambientes é relativamente alta (38 W/m<sup>2</sup>) se comparada com os outros ambientes. O consumo de energia elétrica para as salas de professores foi estimado em 805 Mwh/ano, gerando um custo anual de R\$ 253.347, 00.



**Tabela 10. Estimativa de custo anual com energia elétrica em iluminação nas salas administrativas do campus.**

Ambiente	Salas Administrativas							Total
	SRSA40	RBSA40	RBSA32	RBSA58	RBSA110	RBSA65	SRSA65	
Tipo de Iluminação								
Área (m <sup>2</sup> )	4664	2187	899	457	233	149	137	8726
Luminárias/m <sup>2</sup>	0,4444	0,3333	0,3333	0,2222	0,1111	0,2222	0,2222	
Nº Luminárias	2073	729	300	102	26	33	30	3292
Potência por Luminária (W)	100	100	80	145	275	147	147	
Potência Total (kW)	207	73	24	15	7	5	4	335
Densidade de Potência (W/m <sup>2</sup> )	44,44	33,33	26,67	32,22	30,56	32,67	32,67	38,43
Consumo Anual (MWh)	497	175	58	35	17	12	11	805
Custo Anual de Energia Elétrica	156.597	55.088	18.103	11.135	5.367	3.686	3.370	253.347

A Tabela 11 apresenta os resultados obtidos para as salas de professores. A Densidade de potência média para esse tipo de ambiente oscila em torno de 31W/m<sup>2</sup>. O consumo de energia elétrica para as salas administrativas foi estimado em 805 Mwh/ano, gerando um custo anual de R\$ 174.145, 00.

**Tabela 11. Estimativa de custo anual com energia elétrica em iluminação nas salas de professores do campus.**

Ambiente	Salas de Professores					
	SRSA40	RBSA40	RBSA32	RBSA110	SRSA65	Total
Tipo de Iluminação						
Área (m <sup>2</sup> )	3267	3236	580	139	137	7358
Luminárias/m <sup>2</sup>	0,3546	0,2837	0,2837	0,1418	0,2128	
Nº Luminárias	1158	918	165	20	29	2290
Potência por Luminária (W)	100	100	80	275	147	
Potência Total (kW)	116	92	13	5	4	231
Densidade de Potência (W/m <sup>2</sup> )	35,46	28,37	22,70	39,01	31,28	31,32
Consumo Anual (MWh)	278	220	32	13	10	553
Custo Anual de Energia Elétrica	87.519	69.362	9.945	4.092	3.227	174.145

Considerando-se o padrão de uso desses ambientes e as tarifas de energia elétricas praticadas pela concessionária local, estima-se um consumo anual de 2,4GWh (20% do consumo do campus), o que equivale a um custo de R\$ 741 mil com energia elétrica consumida nestas salas.

#### 6.4.2 Proposta de retrofit

A substituição do sistema atual por um novo conjunto, composto por luminária com refletores de alumínio de alta pureza, 2 lâmpadas de 32 W e reator com alto fator de potência – potência total de 72W verificada através de medição no LabEEE (LEE et al., 2001) – e a redução dos níveis de iluminação das salas de aula para 300 lux (ao final do período de manutenção de 24 meses), poderá provocar uma redução de 52% na potência instalada.

O novo projeto luminotécnico resulta em índices de 0,1169 luminárias/m<sup>2</sup> nas salas de aula, 0,3333 luminárias/m<sup>2</sup> nas salas administrativas e de 0,2837 luminárias/m<sup>2</sup> nas salas

de professores. Em termos de eficiência, observa-se que a potência instalada nas salas de aula baixa de 25,08W/m<sup>2</sup> para 8,42W/m<sup>2</sup>. Considerando-se os níveis de iluminância para o qual o sistemas foram projetados (500lux o atual e 300lux o *retrofit*), observa-se que o novo sistema apresenta cerca de 1,68W/m<sup>2</sup>.100lux contra 5,02 W/m<sup>2</sup>.100lux do sistema atualmente instalado nesses ambientes. Nas salas administrativas a potência é reduzida de 7,69W/m<sup>2</sup>.100lux para 4,8W/m<sup>2</sup>.100lux e nas salas de professores a potência é reduzida de 6,26W/m<sup>2</sup>.100lux para 4,09W/m<sup>2</sup>.100lux , considerando-se que o sistema atual foi projetado para 500lux e o *retrofit* propõe iluminância média de 400lux no final do período de manutenção.

Adotando-se a quantidade de luminárias/m<sup>2</sup> para esses mesmos ambientes de todo o campus, estima-se que seriam necessárias 6.542 luminárias para executar o *retrofit* proposto. Considerando-se o padrão de uso desses ambientes e as tarifas de energia elétrica praticadas pela concessionária local, estima-se consumo anual de 1,2GWh, o que equivale a um custo de R\$ 377 mil com energia elétrica consumida nestas salas. A Tabela 12 apresenta maiores detalhes sobre a estimativa de consumo para os ambientes estudados.

**Tabela 12. Estimativa de custo anual com energia elétrica em iluminação nas salas de aula, de professores e administrativas do campus.**

Ambiente	Salas de Aula	Salas Administrativas	Salas de Professores	Total
Área (m <sup>2</sup> )	13227	8726	7358	29311
Luminárias/m <sup>2</sup>	0,1169	0,3333	0,2837	
Nº Luminárias	1546	2909	2087	6542
Potência por Luminária (W)	72	72	72	
Potência Total (kW)	111	209	150	471
Densidade de Potência (W/m <sup>2</sup> )	8,42	24	20,43	16,07
Consumo Anual (MWh)	334	503	361	1197
Custo Anual de Energia Elétrica	105.124	158.213	113.552	376.889

O consumo estimado para o novo sistema de iluminação é 49% mais baixo que o consumo estimado para o sistema atual. Em um levantamento preliminar de preços WESTPHAL et al., constatou que cada luminária nova seria instalada por um custo aproximado de R\$ 66,00, incluindo lâmpadas, reatores e mão-de-obra para instalação. O investimento total na aquisição e instalação de 6.542 luminárias corresponderia a R\$ 432 mil, que seriam retornados em 1,2 anos, frente a economia anual de R\$ 364mil na conta de energia elétrica da universidade. A Tabela 13 apresenta um resumo do estudo de *retrofit* proposto.

**Tabela 13. Redução na potência instalada e no consumo de energia elétrica nos ambientes analisados.**

	<b>Sistema atual</b>	<b>Retrofit</b>	<b>Redução</b>
Potência total (kW)	898	471	427
Consumo anual (MWh)	2400	1197	1203
Custo anual E.E. (R\$)	741000,00	377000,00	364000,00

A redução de 1,2GWh representa 10% do consumo de energia elétrica do campus registrado em 2000 (12,08GWh). A economia de R\$ 364 mil representa 24% do valor anual referente ao medidor da Cidade Universitária e cerca de 14% do total pago por energia elétrica pela UFSC. Considerando-se que 63% (7,61GWh) do consumo anual seja creditado ao sistema de iluminação da UFSC, o *retrofit* apenas nas salas de aula, administrativas e de professores, provocaria uma redução de 16% no consumo de eletricidade em iluminação no campus.

O *retrofit* proposto atinge apenas 19% do consumo anual de energia elétrica do campus e proporciona uma economia de 10% no consumo total. Caso o *retrofit* seja estendido a todo o sistema de iluminação, responsável por 63% do consumo anual da Cidade Universitária, a economia pode ser triplicada, ou seja 30%.



## 7. CONCLUSÕES

A maior dificuldade encontrada durante a realização da pesquisa foi a greve que durou 101 dias, ou seja, um período muito longo que interferiu no ano de 2001 e no ano de 2002. Os valores de demanda caem, alterando o Fator de Carga, além disso, a Universidade passa a pagar multas nos períodos de retorno a rotina letiva, pois a demanda registrada é bem superior à contratada, o contrário acontece durante a greve onde a demanda registrada é muito menor do que a demanda contratada pela UFSC.

O pico de demanda que ocorria principalmente ao meio-dia nas curvas de carga do medidor do Hospital Universitário não ocorre mais pois foi corrigido com alterações no regime de acionamento de cargas significativas.

A substituição do sistema de iluminação atual por um mais eficiente proporcionaria uma economia anual de 30% no consumo de energia elétrica da Cidade Universitária.

Ações simples como a pintura dos telhados de branco, das paredes das salas de aula e administrativas de cores claras e estímulo ao uso da ventilação natural em novos projetos, já seriam passos importantes rumo a conservação de energia elétrica no Campus Universitário.

Com o levantamento concluído, é possível dizer, infelizmente, que o atual sistema de iluminação da UFSC é precário com relação a qualidade e custo da iluminação, salvo algumas exceções, como é o caso do prédio da Engenharia Civil, do Centro de Ciências Jurídicas, do Centro de Ciências Biológicas - MIP/ECZ, do prédio da Engenharia Sanitária, do prédio do Centro de Comunicação e Expressão – Bloco B e do ETUSC.

Do total da área levantada (33.649 m<sup>2</sup>), apenas 13% (4.369 m<sup>2</sup>) das edificações possuem iluminação eficiente, comprovando que a UFSC possui um grande potencial de redução no consumo de energia elétrica através de um *retrofit* em iluminação.

A substituição do sistema atual por um sistema mais eficiente, com lâmpadas de 32W e luminárias com refletor de alumínio, nas salas de aula, de professores e administrativas da UFSC proporcionaria uma redução de 10% no consumo e 24% na conta de energia elétrica do campus universitário.

O *retrofit* proposto reduz em 49% uma parcela de 19% do consumo anual do campus, proporcionando uma economia de 10%. Se todo o sistema de iluminação da UFSC fosse assim atualizado tecnologicamente, a redução de 10% sobre os 63% consumidos com iluminação proporcionaria uma economia anual de 30% no consumo de energia elétrica da cidade Universitária.

O sistema de iluminação do campus, é precário tanto do ponto de vista tecnológico quanto da manutenção, faz-se necessário que para os novos prédios da universidade tenha-se em mente a importância de um projeto luminotécnico, que vise não só a redução nos custos com energia elétrica, mas também o conforto do usuário.

---

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. **Decreto nº 3.330, de 6 de janeiro de 2000.** Dispõe sobre a redução do consumo de energia elétrica em prédios públicos da Administração Pública Federal, e dá outras providências. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, Seção 1, p.26, v. 138, n. 5, 07/01/2000.

BRASIL. **Decreto nº 3.818, de 15 de maio de 2001.** Dispõe sobre as medidas emergenciais de redução do consumo de energia elétrica no âmbito da Administração Pública Federal. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, Seção 1, p.06, v. 139, n. 94 - E, 16/05/2001.

BRASIL. **Resolução nº 456, de 29 de novembro de 2000.** Estabelece de forma atualizada e consolidada, as Condições gerais de Fornecimento de Energia Elétrica. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, Seção 1, p.35, v. 138, n. 230 - E, 30/11/2000.

CODI. **Tarifas Horo-Sazonais, Manual de Orientação ao Consumidor.** Rio de Janeiro, 1998. 28p.

GHISI, E. **Desenvolvimento de uma metodologia para *retrofit* em sistemas de iluminação: estudo de caso na Universidade Federal de Santa Catarina.** Dissertação de Mestrado. Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, agosto/97, 246 p.

### ITAIM Catálogo Geral de Produtos ITAIM

LEE, A. S.; WESTPHAL, F. S.; LAMBERTS, R. **Verificação da Eficiência Energética de um Edifício de Escritórios através de Simulação Computacional: Estudo de Caso no Departamento de Engenharia Civil da UFSC.** Florianópolis, 2001.

MARINOSKI, D. L.; WESTPHAL, F. S.; LAMBERTS, R. **Relatório PRUEN Versão Preliminar 01** .Programa de Racionalização do Uso de Energia Elétrica na UFSC Florianópolis, maio/2001, 27 p.

ROMÉRO, M. A. **A Conservação de Energia e o Projeto de Arquitetura: Uma análise geral.** Revista Sinopses n. 16 p.5-9. São Paulo, dezembro/1991.

SAIDEL, M. A.; KANAIAAMA, P. H.; ALVAREZ, A. L. M.; UDAETA, M. E. M. **A conservação de energia em instituições universitárias: O programa de conservação na USP.** São Paulo, 1995.

PHILIPS **Manual de Iluminação.** 3ª edição. Holanda, 1986: Philips Lighting Division