

# **PROPOSTA DE MELHORIA NA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE UM EDIFÍCIO COMERCIAL**

**WESTPHAL, Fernando S. (1); LAMBERTS, Roberto (2)**

(1) Acadêmico de Engenharia Civil, bolsista de iniciação científica do LabEEE

(2) Engenheiro Civil, PhD, coordenador do LabEEE

UFSC-CTC-ECV-NPC-LABEEE

Campus Universitário – Trindade – Caixa Postal 476 – CEP 88040-900

Telefone: (048) 331-9598 Ramal: 26 – Florianópolis – SC

E-mail: [fernando@labeee.ufsc.br](mailto:fernando@labeee.ufsc.br)

## **RESUMO**

Este trabalho apresenta um estudo de melhoria na eficiência energética de um edifício comercial da cidade de Florianópolis, Santa Catarina. A área total construída é de 10.900 m<sup>2</sup>, e o consumo total de energia elétrica do edifício em 1.997 foi de 1,24 GWh (114 kWh/m<sup>2</sup>×ano). Seu uso final de eletricidade está distribuído em: 50% para o sistema de iluminação, 41% para o sistema de condicionamento de ar e 9% para os demais equipamentos elétricos. São propostas algumas alternativas de melhoria no sistema de iluminação e condicionamento de ar. A avaliação energética de cada alternativa foi feita através de simulações computacionais com o uso do programa VisualDOE 2.5. Para se obter os custos de energia elétrica de cada caso simulado utiliza-se o programa EnerCalc, desenvolvido pelo Laboratório de Eficiência Energética em Edificações, da UFSC. A alternativa de melhor desempenho deve proporcionar uma redução de 42,7% no consumo anual de energia elétrica do edifício. Na conta de energia elétrica do prédio, a redução obtida foi de 66,8%.

## **ABSTRACT**

This work presents an improvement study in the energy efficiency of a commercial building at Florianópolis, Santa Catarina. The built total area is 10.900 m<sup>2</sup>, and the total consumption of electricity in 1.997 was 1,24 GWh (114 kWh/m<sup>2</sup>×year). The end use of electricity is distributed in: 50% for the lighting system, 41% for the air conditioning system and 9% for other electric equipments. Some improvement alternatives are proposed in the lighting system and air conditioning. The energy evaluation of each alternative was made through simulations with the software VisualDOE 2.5. To obtain the costs of electricity of each simulate of case, the software EnerCalc was used. This software was developed by the Laboratory of Energy Efficiency in Buildings, of UFSC. The better alternative should provide a reduction of 42,7% in the annual consumption of electricity. In the electric energy bill of the building, the obtained reduction was 66,8%.

## 1 INTRODUÇÃO

Com 17 anos de uso, o edifício em estudo é sede da Federação das Indústrias do Estado de Santa Catarina, e localiza-se na cidade de Florianópolis. Sua área construída totaliza 10.900 m<sup>2</sup> e seu consumo de energia elétrica no ano de 1.997 chegou a 1,24 GWh, o que representa 114 kWh/m<sup>2</sup>×ano. Cerca de 50% desta eletricidade é consumida pelo sistema de iluminação, enquanto que o sistema de condicionamento de ar consome 41% da energia elétrica total e os demais equipamentos 9% (WESTPHAL et al., 1999). Além da utilização típica de escritórios, o prédio possui um centro de convenções que ocupa uma área de 2.000 m<sup>2</sup>.

Durante os anos de 1.997 e 1.998, o edifício foi estudado pela Universidade Federal de Santa Catarina dentro do Projeto 6 Cidades, coordenado pelo PROCEL/ELETROBRÁS. Tal projeto consiste em caracterizar o uso da energia elétrica pelo prédio e propor medidas de melhoria na eficiência energética, utilizando simulações computacionais para estimar os resultados (PEDRINI, 1997). O programa utilizado para isso é o VisualDOE 2.5.

## 2 OBJETIVO

O objetivo principal deste trabalho é avaliar propostas de melhoria na eficiência energética do edifício sede da FIESC, através de simulações computacionais, utilizando-se o programa VisualDOE 2.5.

## 3 METODOLOGIA

### 3.1 Caracterização da edificação para análise no VisualDOE 2.5

O programa VisualDOE 2.5 simula o desempenho térmico e energético de edificações a partir da entrada de características sobre: projeto arquitetônico, elementos construtivos, potência instalada, padrões de uso e dados climáticos da região. Tais informações são obtidas através de visitas e entrevistas a funcionários responsáveis pela manutenção do prédio, e de medições de potência e consumo de energia elétrica por uso final. Como fonte de dados, são utilizadas também, as contas de energia elétrica dos últimos 3 anos, e a “memória de massa” de 12 meses consecutivos.

### 3.2 Calibração do modelo no VisualDOE 2.5

Para se fazer a análise de melhoria na eficiência energética de edificações através de simulações computacionais é necessário calibrar o modelo, que servirá de base para avaliação dos benefícios. O modelo calibrado, denominado Caso Base, representa a edificação nas condições atuais. A simulação térmica e energética deste modelo é feita com o arquivo climático do ano de 1.995 para a cidade de Florianópolis. Os resultados obtidos, de consumo e demanda de energia elétrica, são comparados com os dados reais da edificação medidos naquele mesmo ano. Algumas variáveis, como o padrão de uso da edificação e valores de potência de equipamentos, são reavaliadas até se obter um modelo que represente o edifício real de maneira aceitável.

### **3.3 Elaboração das propostas de melhoria na eficiência energética do edifício**

São elaboradas algumas propostas de melhoria nos sistema de iluminação e condicionamento de ar. No caso do sistema de iluminação, desenvolve-se um novo projeto utilizando-se equipamentos mais eficientes. Quanto ao sistema de condicionamento de ar, o foco principal é a central de água gelada, que apresenta baixos índices de eficiência.

### **3.4 Simulação das propostas de melhoria na eficiência energética do edifício**

As propostas de reforma são modeladas no VisualDOE 2.5 a partir do modelo calibrado. As simulações do desempenho térmico e energético do prédio sob essas novas condições utilizam um arquivo climático de referência (**GOULART et al., 1998**) para a cidade de Florianópolis, já que é impossível prever as condições climáticas de um ano vindouro.

Os custos com a conta de energia elétrica para as novas situações de desempenho são estimados através do programa EnerCalc, desenvolvido pelo Laboratório de Eficiência Energética em Edificações, da UFSC (**SILVEIRA & LAMBERTS, 1999**).

## **4 RESULTADOS**

### **4.1 Caracterização da edificação**

#### **4.1.1 Arquitetura**

O edifício é composto por 2 blocos: um de 4 pavimentos com  $50 \times 50$  metros e outro de gabarito único com  $30 \times 30$  metros.

O bloco principal é todo em concreto aparente e a cobertura é feita por telhas de fibrocimento sobre um laje de concreto de 10 cm revestida por piso cerâmico. As janelas são protegidas lateralmente por brises verticais com 1,25 de largura, em todas as fachadas. Com exceção das janelas da fachada sul, todas possuem película refletora nos vidros, que são do tipo claro, com espessura de 3 mm. No interior do prédio, os escritórios possuem pé-direito de 2,75 m e um forro de alumínio distante 1,25 m da laje de concreto, que possui 13 cm de espessura. Nas fachadas norte e sul, o prédio possui torres de acesso com escadas. No bloco menor (de  $30 \times 30$  m), que abriga um restaurante e a administração do prédio, as janelas não possuem brises e a cobertura é feita por telhas de concreto de 4 cm de espessura.

As salas são separadas por divisórias leves, algumas com vidro a partir de 1,00 m de altura, outras fechadas até o teto, prejudicando o rendimento do sistema de iluminação, projetado inicialmente para iluminar grandes vãos. O condicionamento de ar também é prejudicado pelo posicionamento aleatório das divisões internas.

#### 4.1.2 Iluminação

A sistema de iluminação interna do prédio é composta por lâmpadas fluorescentes de 40 W (T12) e reatores eletromagnéticos com partida rápida. As luminárias, com capacidade para uma lâmpada, são embutidas no forro e dispostas em linhas contínuas de uma extremidade a outra do prédio, espaçadas paralelamente de 2 em 2 metros. A iluminância média verificada nos escritórios é de 330 lux, para uma potência instalada de 17 W/m<sup>2</sup>, considerando perdas de reatores.

A iluminação externa é feita por postes com luminárias esféricas de vidro translúcido, contendo lâmpadas a vapor de mercúrio de 250 W. A potência total considerando as perdas de reatores é de 15 kW.

#### 4.1.3 Condicionamento de ar

O sistema de condicionamento de ar é composto por uma central com 2 resfriadores de líquido do tipo alternativo com capacidade de 240 TR cada, totalizando 480 TR. Cada pavimento possui 2 *fan-coils* de 15 TR com controle de vazão de ar por sistema pneumático. Este controle não está mais em funcionamento por falta de peças de reposição no mercado. Alguns equipamentos de expansão direta, de menor porte (de 1 a 3,3 TR), foram instalados em áreas que necessitam operar durante o horário de ponta ou onde as divisões do espaço físico interno coibiram o condicionamento ambiental.

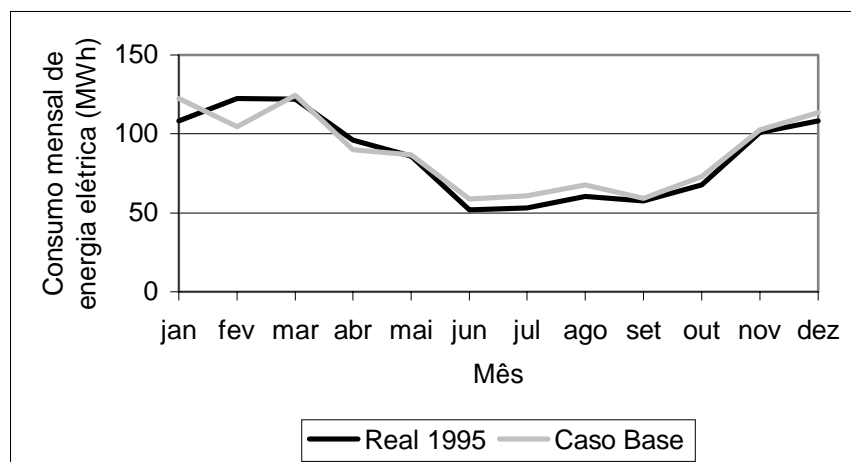
Foram realizadas medições de desempenho dos resfriadores de líquido, que apresentaram consumo médio de energia elétrica de 1,1 kW/TR (**WESTPHAL et al., 1998**). Sistemas similares modernos consomem entre 0,5 e 0,7 kW/TR.

#### 4.1.4 Outros equipamentos elétricos

O edifício possui cerca de 120 microcomputadores, que tiveram sua potência considerada igual a 117 W, segundo **GHISI et al., 1997**. As fotocopiadoras apresentaram consumo médio diário entre 4 e 7 kWh, dependendo do modelo. As geladeiras apresentaram consumo médio diário de 1 kWh. Para os demais equipamentos elétricos, quando impossível de efetuar medições de consumo de energia, considerou-se a potência nominal fornecida pelos fabricantes.

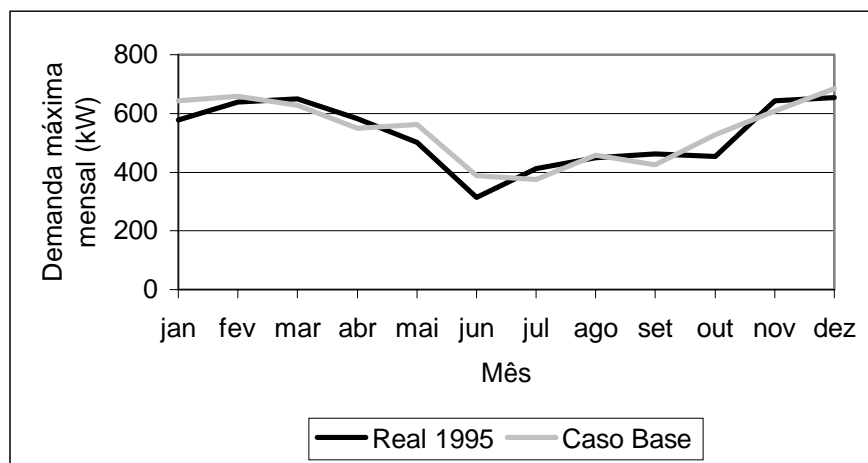
### 4.2 Calibração do modelo no VisualDOE 2.5

O modelo calibrado apresentou um consumo anual de energia elétrica 2,7% mais alto do que o verificado no ano base (figura 1). A diferença máxima ocorreu no mês de julho, com consumo simulado 15,1% mais alto que o real.



**Figura 1 - Consumo mensal de energia elétrica do edifício no ano base (Real 1995) e do modelo calibrado (Caso Base), em MWh.**

Quanto à demanda máxima mensal, o modelo calibrado apresentou diferença maior no mês de junho, com 23,6% de acréscimo sobre o valor real, medido em 1.995. A comparação entre a demanda máxima mensal registrada no prédio em 1.995 e os valores estimados para o modelo calibrado pode ser vista na figura 2.



**Figura 2 - Demanda máxima mensal de energia elétrica do edifício registrada no ano base (Real 1995) e estimada pela simulação (Caso Base), em kW.**

#### 4.3 Propostas de melhoria na eficiência energética do edifício

Foram elaboradas 2 propostas de reforma para o sistema de iluminação e 3 propostas de reforma para o sistema de condicionamento de ar do edifício. Os nomes entre parêntesis referem-se a nomenclatura adotada nos modelos simulados.

#### **4.3.1 Iluminação 1 - Tecnologia T8 (*IlumT8*)**

Propõe-se um novo sistema de iluminação para o edifício, utilizando-se lâmpadas fluorescentes de tecnologia T8 de 32 W para áreas de escritórios e 16 W para áreas de circulação. Seriam utilizadas luminárias duplas, com refletor de alumínio polido, sem aletas. Os reatores adotados seriam do tipo eletrônico duplo.

#### **4.3.2 Iluminação 2 - Tecnologia T5 (*IlumT5*)**

Esta alternativa empregaria lâmpadas de tecnologia T5 de 28 W e 14 W no lugar das lâmpadas de 32 W e 16 W, respectivamente, propostas na alternativa anterior. Seria mantida a proposta de luminárias duplas com refletor de alumínio polido, sem aletas; utilizando-se reatores eletrônicos duplos.

#### **4.3.3 Condicionamento de ar 1 - Centrífuga de 200 TR (*Centrif*)**

Propõe-se a troca do sistema central de condicionamento de ar por um resfriador de líquido do tipo centrífugo, de condensação a água, com capacidade de 200 TR e eficiência de 0,52 kW/TR.

#### **4.3.4 Condicionamento de ar 2 - Centrífuga de 200 TR e 30 TR com termoacumulação (*TESponta*)**

Mantém-se a troca da central de água gelada por um resfriador do tipo centrífugo de 200 TR, com condensação a água, incluindo-se outro resfriador de líquido, também do tipo centrífugo, com capacidade de 30 TR para operar em *brine* (fabricando gelo) durante à noite. Seriam utilizados 2 tanques de gelo para cobrir a carga de resfriamento no horário de ponta.

#### **4.3.5 Condicionamento de ar 3 - Centrífuga de 120 TR e 100 TR com termoacumulação (*TESpico*)**

Nesta alternativa, a central de água gelada seria substituída por um resfriador de líquido centrífugo com capacidade de 120 TR, com condensação a água, e outro resfriador de líquido também do tipo centrífugo, com capacidade de 100 TR para operar em *brine* (fabricando gelo) durante à noite. Seriam utilizados 4 tanques de gelo para cobrir a carga de resfriamento no horário de ponta e o pico de demanda no período fora de ponta.

### **4.4 Simulação das propostas de melhoria na eficiência energética do edifício**

As propostas de reforma para o sistema de condicionamento de ar foram combinadas com as de iluminação, simulando-se um total de 7 alternativas de melhoria na eficiência energética do prédio. A redução no consumo de energia elétrica proporcionado por cada alternativa e o percentual de redução obtido na conta de energia elétrica anual, podem ser vistos na tabela 1.

**Tabela 1 - Redução no consumo de energia elétrica de cada alternativa comparada ao CasoBase.**

Alternativa	Redução no consumo anual de energia elétrica		Redução anual na conta de energia elétrica (%)
	(MWh)	(%)	
IlumT8	328,44	31,8	51,1
IlumT5	354,69	34,3	52,4
Centrif+IlumT8	416,99	40,3	65,4
TESponta+IlumT8	402,74	38,9	66,0
TESpico+IlumT8	390,04	37,7	65,6
TESpico+IlumT5	414,98	40,1	66,8
Centrif+IlumT5	441,56	42,7	66,8

Observa-se na tabela 1 que, no edifício em questão, a inclusão dos tanques de gelo no sistema de condicionamento de ar não proporciona grandes benefícios no consumo e na conta de energia elétrica. A principal função da termoacumulação seria o deslocamento da carga do horário de ponta para fora de ponta, porém atualmente o edifício não está funcionando no horário de ponta, justamente para evitar o alto custo da energia elétrica. Com a inclusão do sistema de termoacumulação o uso do centro de convenções seria possível.

## 5 CONCLUSÕES

As propostas de melhoria na eficiência energética do edifício sede da FIESC, analisadas neste trabalho, proporcionam uma redução de 31,8% a 42,7% no consumo anual de energia elétrica do prédio. Na conta de energia elétrica, a reforma total do sistema de iluminação, associada à troca da central de água gelada do prédio, proporcionam uma redução de até 66,8%.

Além de benefícios econômicos e ambientais, a eficiência energética pode melhorar o uso e a qualidade do ambiente interno de edificações. No caso do edifício sede da FIESC, a inclusão de um sistema de termoacumulação possibilitaria o uso do centro de convenções durante o horário de ponta.

Para o edifício sede da FIESC, os maiores benefícios em relação à eficiência energética do prédio seriam obtidos com a substituição do sistema de iluminação, proporcionando 34,3% de redução no consumo de energia elétrica. A reforma no sistema de condicionamento de ar proporcionaria vantagens em menor escala, aumentando a economia de energia para 42,7%.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- GHISI, E.; WESTPHAL, F. S.; LAMBERTS, R. (1997). *Determinação do consumo de eletricidade e da potência de equipamentos através de medidor portátil*. In: IV Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído. Salvador, p 381-386.
- GOULART, S. V. G.; LAMBERTS, R.; FIRMINO, S. (1998) *Dados climáticos para projeto e avaliação energética de edificações para 14 cidades brasileiras*. 2ª edição. PROCEL/ELETOBRÁS. Florianópolis, outubro/1998, 345 p.

- PEDRINI, A. (1997). *Desenvolvimento de uma metodologia para calibração do programa DOE-2.1E*. Dissertação de mestrado. Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, junho/1997.
- SILVEIRA, V. G.; LAMBERTS, R. (1999). *EnerCalc 2 – Manual de utilização*. Laboratório de Eficiência Energética em Edificações, Núcleo de Pesquisa em Construção, Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, abril/99, 35 p.
- WESTPHAL, F. S.; GHISI, E.; LAMBERTS, R. (1999). *Simulação energética do edifício sede da FIESC: estudo de retrofit no sistema de iluminação*. In: VII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. Florianópolis, 27 a 30 de abril/1998, p 429-437.
- WESTPHAL, F. S.; PEDRINI, A. LAMBERTS, R. (1998). *Avaliação do sistema central de condicionamento de ar do condomínio FIESC*. Relatório Interno. Laboratório de Eficiência Energética em Edificações, Núcleo de Pesquisa em Construção, Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, março/98, 7 p.