

AVALIAÇÃO COMPUTACIONAL DE ESTRATÉGIAS PARA A REDUÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA EM UM HOTEL DE FLORIANÓPOLIS

Ana Paula Melo (1); Fernando Simon Westphal (2); Roberto Lamberts (3)

(1) Eng. Civil – E-mail: apaula_melo@hotmail.com

(2) Eng. Civil, M.Eng. – E-mail: fernando@labeee.ufsc.br

(3) Eng. Civil, Ph.D. – E-mail: lamberts@labeee.ufsc.br

Universidade Federal de Santa Catarina – Departamento de Engenharia Civil

LabEEE – Laboratório de Eficiência Energética em Edificações

Fone: (48) 3331-5184, Fax: (48) 3331-5191 – CEP: 88040-900, Cx.Postal 476

RESUMO

Neste trabalho empregou-se o programa *EnergyPlus* para simular o desempenho energético de um hotel situado na cidade de Florianópolis - SC, com o intuito de melhorar a sua eficiência energética. Com o modelo calibrado sobre o edifício real, identificou-se que os principais usos finais de energia elétrica são: o sistema de iluminação com 35% de participação do consumo anual do prédio, a caldeira com 25%, condicionamento de ar 24% e demais equipamentos 16% de participação. Algumas alternativas de *retrofit* foram propostas, quais sejam: alteração no sistema de iluminação dos quartos de hóspedes, alteração no sistema de condicionamento de ar, aquisição de um gerador de energia elétrica e uso de coletores solares para aquecimento de água. Todas as alternativas reduziram o custo anual com energia elétrica, mas a única que se mostrou viável economicamente foi à alteração do sistema de iluminação, com um retorno do investimento inicial estimado em um ano.

ABSTRACT

In this work the *EnergyPlus* program was applied to simulate the energy performance of a hotel located in the city of Florianópolis - SC, in an attempt to improve its energy efficiency. The building overall energy consumption was estimated by the program, which was previously calibrated against the actual consumption. It was found that the lighting system responds to 35% of the building annual energy consumption, 25% responds to boiler, 24% responds to air conditioning system and 16% responds to others equipments consumption. Some retrofitting alternatives were investigated, namely: modification of the lighting system, changing of the air conditioning system, acquisition of an electric power generator and use of solar collectors for water heating. All the alternatives have minimized the annual energy cost of the building, but the only one viable economically was the modification of the lighting system, with a payback time of one year.

1 INTRODUÇÃO

A humanidade vem dependendo cada vez mais de energia elétrica para viver. Por outro lado, o mundo acompanha um constante aumento no preço das tarifas, fato pelo qual vem se buscando soluções para a redução do consumo de energia elétrica.

No cenário competitivo dos tempos atuais, as empresas têm buscado a diminuição dos custos e eliminação de desperdícios sem a perda de qualidade de seus produtos. Uma ferramenta fundamental para atingir este objetivo é a implementação de programas e políticas de conservação e uso racional de energia, a serem estabelecidos através da introdução de novas tecnologias e mudanças de hábitos de consumo.

Em dezembro de 2002, o Ministério de Minas e Energia publicou o Plano de Trabalho de implementação da Lei de Eficiência Energética, Lei Nº 10.295 de 17 de outubro de 2001 (MEE, 2005). De acordo com este, deverão ser desenvolvidos mecanismos que promovam a eficiência energética nas edificações construídas no Brasil. A lei do governo federal esclarece que a eficiência energética em

uma edificação não se dá apenas por meio do uso de equipamentos ou iluminação mais eficientes, mas também, por meio de projetos arquitetônicos eficientes elaborados com uma arquitetura adaptada ao clima, considerando: a iluminação natural integrada à artificial, o uso de ventilação natural, com orientação e forma planejadas, proteções solares corretas e especificação criteriosa de materiais de acabamento (especialmente no envelope da edificação), entre outros aspectos.

De acordo com o PROCEL (Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica), cujo objetivo é reduzir os desperdícios e os impactos negativos sobre o ambiente em edificações residenciais e comerciais, estima-se que o potencial de conservação em prédios já construídos pode atingir até 30% e em prédios novos, 50% (PROCEL, 2005).

O uso de simulação computacional permite analisar alternativas de aumento na eficiência energética quando a edificação está em fase de projeto ou até mesmo após a sua construção. Atualmente, existem diversos programas computacionais destinados à análise térmica e energética de edificações e seus sistemas (DOE, 2005), os quais permitem identificar a melhor solução para a redução de gastos com energia elétrica por um baixo custo. Antes de adotar qualquer medida na edificação, as alternativas são analisadas com o programa como forma de se obter a melhor opção para a redução de consumo ou do custo de manutenção.

Grande parte dos trabalhos desenvolvidos sobre simulação energética de edificações, através de programas computacionais, é realizada em edifícios de escritórios e residenciais. Por este fato, optou-se em desenvolver este estudo em um hotel, através da utilização do programa *EnergyPlus*.

2 OBJETIVO

O objetivo do presente trabalho é utilizar a simulação computacional para desenvolver um estudo para a melhoria da eficiência energética de um hotel na cidade de Florianópolis.

3 CARACTERÍSTICAS DA EDIFICAÇÃO

O hotel utilizado para a realização deste trabalho (Figura 1) está localizado no centro da cidade de Florianópolis e está dividido em Edifício I e II. Já que cada edifício possui seu próprio quadro de medição de consumo, optou-se em utilizar o Edifício I para o estudo, pois neste estão localizados os 65 apartamentos distribuídos em 11 pavimentos tipo, sala de reuniões, sala de jogos e de ginástica no ático, bar e sala de diretoria no térreo, lavanderia e garagem no subsolo.



Figura 1 – Fachada do hotel.

A edificação possui 3 cores externas: cinza claro, amarelo e marrom claro e tem a fachada principal orientada para noroeste. Nas janelas dos quartos observa-se a utilização de *brises* fixos de concreto e cortinas para atenuar a ação da radiação solar. O entorno do hotel é composto por edificações de grande porte e lojas comerciais de médio porte.

A edificação possui uma área total construída de 3500m² e consumiu, de novembro de 2004 a dezembro de 2005, o equivalente a 67,4kWh/m².ano. Todos os quartos são climatizados com condicionadores de ar do tipo de janela, e a sala de reuniões, o bar, a diretoria e o hall são climatizados com aparelhos do tipo *split*. O aquecimento da água dos chuveiros e torneiras é realizado por uma caldeira elétrica, a qual possui uma potência de 54kW e capacidade de 2500 litros.

Cada quarto do hotel contém uma televisão de 20 polegadas, um *frigobar* com capacidade de 80 litros, um aparelho de janela de potência de 10.000Btu/h, lâmpadas fluorescente tubulares de 40W, fluorescentes compactas de 11W e incandescentes de 25 e 60W. Além disso, os quartos são equipados com sensores de ocupação, os quais acionam ou desligam as lâmpadas e equipamentos dependendo da presença ou não da chave no local do sensor.

A capacidade total instalada em condicionamento de ar no hotel equivale a 63 TR (toneladas de refrigeração). O total de carga instalada em iluminação e demais equipamentos equivale a 29,60kW e 7,15kW, respectivamente.

4 METODOLOGIA

4.1 O programa *EnergyPlus*

O programa utilizado para a realização deste trabalho foi o *EnergyPlus* (versão 1.2.2.030). O *EnergyPlus* foi desenvolvido a partir dos programas *BLAST* e *DOE-2*, sob coordenação do Departamento de Energia dos Estados Unidos. Este programa apresenta características que o colocam à frente de diversos programas de simulação termoenergética. Inserindo as características geométricas da edificação em estudo, os componentes construtivos que a compõem, as cargas internas de cada ambiente, juntamente com o sistema de condicionamento de ar e seus respectivos padrões de uso, o programa permite estimar o consumo de energia em função das trocas térmicas da edificação com o exterior e para isso, deve-se utilizar o arquivo de dados climáticos da localidade correspondente. Com os dados de saída, o programa fornece relatórios horários detalhados de inúmeras variáveis envolvidas no balanço térmico e energético do modelo simulado.

4.2 Histórico de consumo e demanda

No estudo sobre a eficiência energética de uma edificação é essencial analisar seu histórico de consumo e demanda de energia elétrica para poder calibrar o modelo inserido no programa de simulação, verificando se os dados estimados equivalem aos registrados no prédio. Nesta análise pode-se verificar também qual o grupo tarifário que a edificação se enquadra, e a ocorrência de demanda reativa excedente. Neste estudo será feita a análise das contas de energia elétrica de novembro de 2004 a outubro de 2005.

Pelo fato de a tarifa aplicada no hotel ser do tipo convencional, não será possível analisar a memória de massa (informações com dados de medição do prédio em intervalos de 15 minutos). Porém, a instalação de um medidor de energia portátil, com capacidade de armazenamento de dados por longos períodos, torna possível monitorar a curva de carga do hotel e detectar os horários em que os sistemas e equipamentos elétricos são acionados.

4.3 Modelagem e calibração do caso base

Através de visitas técnicas observaram-se as características do hotel necessárias a montagem do modelo virtual. Após inserir o projeto arquitetônico da edificação no programa *AutoCad*, pode-se analisar e dividir cada pavimento em zonas térmicas, ou seja, ambientes com semelhantes padrões de uso, sistemas de condicionamento de ar e densidade de carga instalada (W/m^2).

Durante as visitas técnicas percebeu-se a presença de equipamentos com elevada potência, como: caldeira e lavadora de roupas, os quais tiveram seus circuitos monitorados por um aparelho *ACR Smart Reader 3 Plus* e por um HOB0 (modelo H08-007-02), ambos dataloggers com sensores de corrente elétrica, programados para registros de 5 em 5 minutos. A medição no quadro geral do hotel foi realizada através de um medidor trifásico modelo *Fluke 434*, programado para registros de 15 em 15 minutos. Através de medições de consumo de energia elétrica no quadro de distribuição principal, pode-se identificar o padrão de uso de toda a instalação, incluindo o sistema de iluminação, de

condicionamento de ar, e dos principais equipamentos em uso no hotel, aferindo-se os valores do modelo referentes à carga instalada e padrões de uso. Todas as medições tiveram a duração de uma semana, a qual ocorreu entre os dias 27 de setembro a 03 de outubro do ano de 2005.

4.4 Simulação das alternativas de *retrofit*

Sobre o modelo calibrado pode-se analisar alternativas de *retrofit* para a edificação em estudo. No caso do hotel serão propostas:

- a) A troca de 8 lâmpadas fluorescentes de 40W, presentes em alguns dos quartos por lâmpadas do mesmo tipo com 32W. Todas as lâmpadas terão um refletor anodizado de alta pureza e reator eletrônico;
- b) A troca de aparelhos de condicionamento de ar do tipo de janela e *splits* por um sistema de condicionamento de ar do tipo central de água gelada;
- c) A compra de um gerador de energia elétrica a diesel para operar em horário de ponta, juntamente com a alteração do contrato tarifário;
- d) A instalação de 35 painéis coletores solares, acoplados à caldeira para reduzir a sua utilização.

4.5 Análise econômica das alternativas de *retrofit*

Para a análise econômica das alternativas de *retrofit* e das contas de energia elétrica do hotel será utilizado o programa E2-Tarifas, desenvolvido pelo LabEEE (2005).

A viabilidade econômica de cada proposta será definida pelo cálculo e análise dos índices do Valor Presente Líquido (VPL), Taxa Interna de Retorno (TIR) e *Payback* Corrigido. Adotou-se a TMA (Taxa Mínima de Atratividade) com valor de 12% a.a., que poderia ser alcançado com aplicação de recursos em fundos de renda fixa. Considerou-se um valor residual (lucro na venda de qualquer equipamento que seja substituído) igual à zero para um período de análise de 10 anos.

5 RESULTADOS

5.1 Histórico de consumo e demanda de energia elétrica

Analisando as contas de energia elétrica da edificação (Tabela 1) identificou-se o padrão de consumo e o valor do gasto mensal de energia elétrica do hotel. Nota-se que nos meses de novembro e dezembro de 2004 a demanda contratada era muito superior à demanda medida, o que representa uma despesa desnecessária. Nos meses de verão nota-se um aumento no consumo de energia elétrica do hotel em razão do uso dos aparelhos de condicionamento de ar. Em agosto de 2005 foi adicionada uma nova potência de 18kW na caldeira elétrica, o que ocasionou em um aumento no consumo nos meses seguintes, conforme mostra o gráfico da Figura 2.

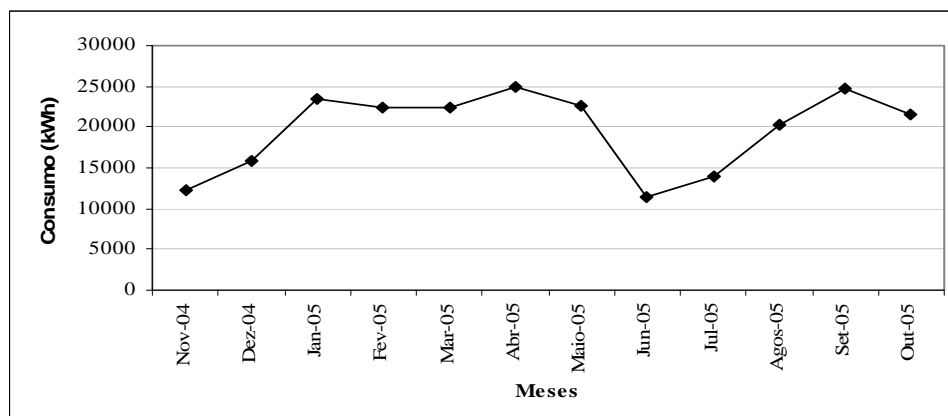


Figura 2. Consumo de energia elétrica do hotel ao longo dos 12 meses anteriores ao estudo.

Tabela 1. Histórico de consumo e demanda dos últimos 12 meses.

Data	Consumo (kWh)	Demanda (kW)			Total (R\$)
		Contratada	Medida	Faturada	
Nov-04	12.300	80	46	80	4.287,23
Dez-04	15.908	80	49	80	5.211,49
Jan-05	23.452	80	82	82	6.888,93
Fev-05	22.304	80	82	82	6.491,01
Mar-05	22.304	110	118	118	7.448,87
Abr-05	24.928	100	98	100	7.368,88
Mai-05	22.632	100	72	100	6.771,88
Jun-05	11.480	100	59	100	4.300,54
Jul-05	13.940	100	62	100	5.470,77
Ago-05	20.186	100	80	100	5.690,82
Set-05	24.764	100	82	100	6.892,65
Out-05	21.648	100	82	100	7.437,57
Total	245.850				78.183,95

5.2 Modelagem e calibração do caso base

Nesta etapa ocorre o processo de calibração do modelo caso base, o qual representa o hotel em suas condições atuais. Analisando as características do hotel no programa *AutoCad*, optou-se em dividir a edificação em um total de 11 zonas. A divisão do pavimento tipo pode ser observada na Figura 3.

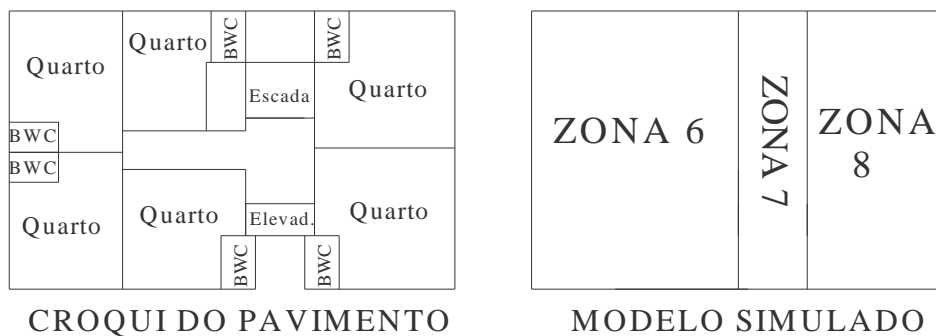


Figura 3. Divisão do pavimento tipo.

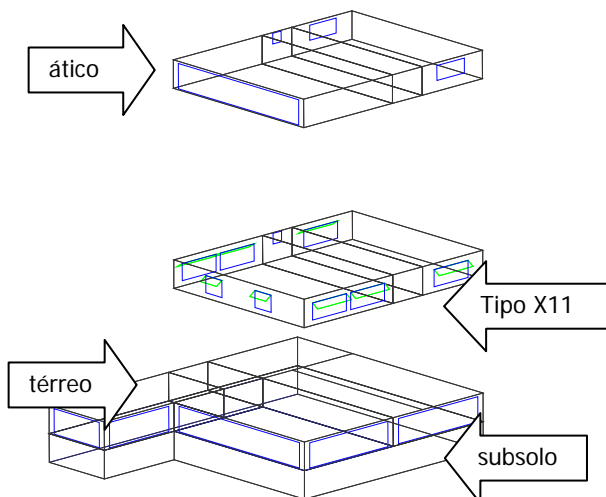


Figura 4. Modelo final.

Após a definição do modelo geométrico, inseriram-se os dados característicos do hotel obtidos através de visitas técnicas, assim como: materiais construtivos das paredes, janelas, lajes, etc...O pavimento tipo foi inserido uma única vez em uma altura média entre o pavimento térreo e ático (Figura 4). Para a representatividade das cargas deste pavimento no programa *EnergyPlus*, o mesmo foi multiplicado 11 vezes

As cargas internas pertencentes a cada zona foram analisadas e inseridas no programa: iluminação, equipamentos, sistema de condicionamento de ar e padrões de uso. Os padrões de uso dos equipamentos, do sistema de iluminação, do sistema de condicionamento de ar foram baseados nas medições realizadas no quadro geral do hotel, na caldeira e na lavadora de roupa. Foi necessário criar uma *schedule* de verão e inverno para o padrão de uso dos quartos para poder representar a média de 60% de ocupação anual do hotel.

O modelo final totalizou uma área construída de 3333m², resultando em um consumo anual equivalente de 71,6kWh/m².ano, enquanto que o consumo real da edificação nos últimos 12 meses equivale a 67,4kWh/m².ano.

A Figura 5 apresenta o consumo mensal real e estimado da edificação, onde observa-se que nos meses de novembro e dezembro de 2004 e junho e julho de 2005 o consumo do modelo base superou o consumo real do hotel, pelo fato de o consumo da caldeira estar sendo solicitada em contas de energia elétricas separadas. Nos meses de maio e setembro, nos quais o modelo base registrou um consumo mensal inferior à margem de 20%, presume-se que o hotel estava com uma taxa de ocupação inferior a que foi informada (média anual de 60%). Analisando a Tabela 2, verifica-se que o consumo anual do modelo base resultou em um valor superior de 1,22% (2870kWh) em relação ao caso real.

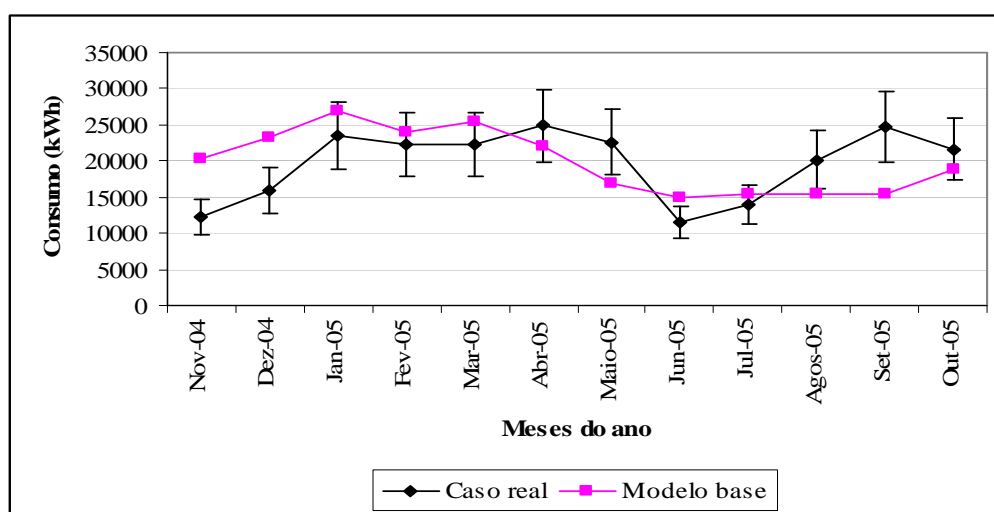


Figura 5. Consumo mensal (Caso real X Modelo base).

Tabela 2. Consumo mensal (Caso real X Modelo base).

Data	Consumo mensal (kWh)		Diferença (kWh)	Diferença (%)
	Caso real	Modelo base		
Nov-04	12.300	20.376	8.076	65,66
Dez-04	15.908	23.189	7.281	45,77
Jan-05	23.452	26.828	3.376	14,40
Fev-05	22.304	23.971	1.667	7,47
Mar-05	22.304	25.504	3.200	14,35
Abr-05	24.928	21.925	-3.003	-12,00
Mai-05	22.632	16.811	-5.821	-25,72
Jun-05	11.480	14.965	3.485	30,36
Jul-05	13.940	15.358	1.418	10,18
Agos-05	20.186	15.350	-4.836	-23,96
Set-05	24.764	15.526	-9.238	-37,30
Out-05	21.648	18.912	-2.736	-12,64
TOTAL	235.846	238.716	2.870	1,22

O uso final de energia elétrica do modelo calibrado (Figura 6) resultou que 35% do consumo final do hotel estão concentrados no sistema de iluminação, seguido da caldeira com 25% de participação. O sistema de condicionamento de ar corresponde a 24% e demais equipamentos 16%. Maiores detalhes sobre o uso final de energia elétrica da edificação apresentada pode ser observado em Melo, 2005.

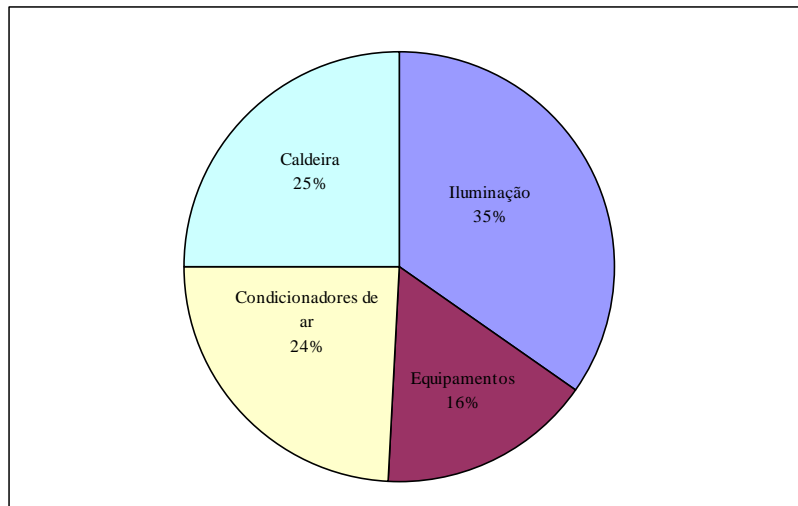


Figura 6. Uso final de energia elétrica do modelo base.

5.3 Simulação e análise econômica das alternativas de *retrofit*

As alternativas de *retrofit* foram baseadas nos resultados obtidos com o uso final de energia elétrica do modelo base calibrado.

Cada proposta analisada foi inserida uma a uma no modelo base e tendo este como próprio parâmetro de comparação. O modelo base resultou em um aumento de 18,92% do valor da conta de energia elétrica quando o mesmo foi comparado com o caso real.

5.3.1 Simulação e análise econômica da proposta no sistema de iluminação (modelo Sanca)

A proposta de reforma no sistema de iluminação baseou-se na troca de 8 lâmpadas fluorescentes de 40W, presentes nos quartos da zona 8 e em dois quartos da zona 6, por 6 lâmpadas do mesmo tipo com 32W; e também na troca de 4 lâmpadas fluorescentes presentes nos outros dois quartos da zona 6 por 3 lâmpadas do mesmo tipo com 32W. Esta proposta foi baseada no projeto realizado por Westphal et al. (2004), no qual se desenvolveu um projeto de *retrofit* para o sistema de iluminação do Hospital São José, localizado em Porto Alegre, RS. Todas as lâmpadas terão um refletor anodizado de alta pureza e reator eletrônico. O total de carga instalada para o sistema de iluminação do hotel foi reduzido em 31%, passando de 29kW para 20kW.

Através da simulação verificou-se que essa alternativa de *retrofit* proporcionará uma redução no consumo de energia elétrica em todos os meses do ano, com economia total anual. A redução anual foi de 10,55% (24.960kWh). A análise econômica para o sistema de iluminação resultou em uma redução anual de 10,65% do valor da conta de energia elétrica do modelo base. Para a implementação desta proposta, o hotel terá um investimento inicial de R\$ 8.157,00. No cálculo da TIR o valor obtido foi de 115% a.a., o que torna a proposta viável. E para o cálculo do *payback* corrigido, este resultou que em 1 ano o hotel lucraria o seu investimento inicial gasto na reforma.

5.3.2 Simulação e análise econômica da proposta no sistema de condicionamento de ar (modelo AC central)

Para o sistema de condicionamento de ar, simulou-se a troca de aparelhos do tipo de janela e *splits* por um sistema de climatização central de água gelada, composta por um resfriador de líquido (*chiller*) de condensação a água com COP (coeficiente de performance) de 6,96W/W (watts de capacidade de refrigeração por watt elétrico consumido), torres de arrefecimento e bombas.

Observa-se na Figura 7 que o modelo com ar condicionado central proporcionará redução do consumo entre os meses de abril a outubro, nos quais o sistema de condicionamento de ar é pouco utilizado. Nos meses de novembro a março (época de verão) o consumo do modelo AC central é semelhante ou supera o modelo base, por ser a época em que o hotel foi simulado com 100% de ocupação e também pelo fato do *chiller* estar em funcionamento 24 horas por dia para prover água gelada aos climatizadores de todas as zonas (quartos, hall, bar, sala de reuniões).

Simulando a conta de energia elétrica para esta proposta de *retrofit*, observou-se uma redução de 18,61% do valor da conta do modelo Base. A substituição custaria aproximadamente R\$ 225.000,00. Para o cálculo da TIR adotando o período de 10 anos, o valor desta foi inferior à TMA. Calculando-se a TIR, para um período de 20 anos (tempo aproximado de vida útil do sistema), o valor obtido ainda foi inferior à TMA de 12% a.a. Conclui-se que a proposta não é viável.

5.3.3 Simulação e análise econômica da proposta de compra de um gerador e mudança de tarifa (modelo Gerador)

Na proposta da compra de um gerador a diesel, considerou-se o horário de ponta entre 17h30 e 20h30 e a tarifa horo-sazonal verde, a qual não cobra a demanda registrada em horário de ponta. Analisando as medições realizadas no quadro geral do hotel, constatou-se que em horário de ponta a maior carga observada foi de 100kW. Para suprir as necessidades do prédio com certa folga, sugeriu-se a compra de um gerador com 125kVA.

Simulando a conta de energia elétrica para esta proposta de *retrofit*, observou-se uma redução de 53,58% do valor da conta do modelo Base. O investimento referente a esta proposta seria de aproximadamente R\$ 65.000,00 para a compra do gerador e R\$ 3.350,00 mensais para a compra do óleo diesel. Analisando a TIR, concluiu-se que o investimento não seria viável pelo fato de o valor desta ser inferior a TMA, até mesmo quando calculada para um período de estudo de 20 anos.

5.3.4 Simulação e análise econômica da proposta do uso de coletores solares (modelo Coletor solar)

Na instalação de 35 painéis coletores (Cada coletor possui área de 3m², com orientação para o Norte e inclinação de 38^o) acoplados a caldeira elétrica em funcionamento no hotel para o aquecimento da água das torneiras e dos chuveiros, identificou-se uma redução anual de 3% (6.638kWh) no consumo do hotel, através de simulação no programa *EnergyPlus*.

O investimento inicial desta proposta de *retrofit* seria de aproximadamente R\$ 41.180,00 reais. No cálculo da TIR concluiu-se que o valor gasto na execução desta proposta não seria retornado em menos de 20 anos. Portanto, a sugestão analisada não é viável para o hotel.

5.4 Resumo geral

A redução do consumo e o custo de energia elétrica da edificação com a implementação de cada proposta de *retrofit* pode ser observada na Tabela 3.

O modelo Sanca foi a única alternativa viável para o hotel, economizando um total de 24.959kWh anual de energia elétrica. No investimento inicial do sistema de iluminação (R\$ 8.176,00) estão incluídos os reatores eletrônicos, refletor, as luminárias e a mão de obra do serviço de instalação.

No *retrofit* do modelo AC central observa-se uma redução do consumo anual da edificação de 12%, mas analisando o resultado da TIR, conclui-se que a implementação desta alternativa não é viável para a edificação.

Observa-se na Tabela 3 que o consumo anual do modelo Gerador é igual ao modelo Base, pois a inclusão do gerador não diminui o consumo do prédio em si, apenas reduz o valor da conta de energia elétrica. No investimento inicial desta proposta (R\$ 65.000,00) deve-se incluir um valor de R\$ 3.350,00 mensais para a compra de óleo diesel.

O modelo Coletor solar reduz o custo de energia elétrica da edificação em 33% (R\$ 28.988,00), mas analisando esta proposta para um estudo de 10 anos conclui-se que esta alternativa não é viável.

Tabela 3. Redução de consumo e custo de energia elétrica de cada alternativa.

Modelo	Consumo anual de energia elétrica		Custo de energia elétrica		Investimento inicial
	(kWh)	Diferença	R\$	Diferença	R\$
Base	236.496	-	88.314,00	-	-
Sanca	211.536	-24.959	78.904,00	-9.410	8.1576,00
AC central	207.973	-28.523	71.876,00	-16.438	225.000,00
Gerador	236.496	0	74.113,00	-14.201	65.000,00
Coletor solar	229.816	-6.680	59.326,00	-28.988	41.180,00

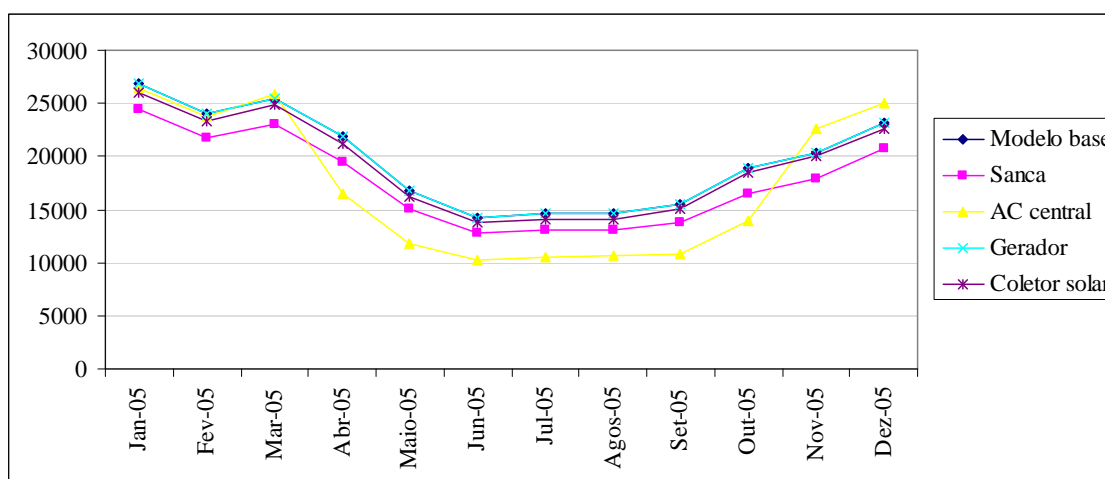


Figura 7. Consumo mensal das alternativas de retrofit.

6 CONCLUSÕES

Para a realização deste trabalho, utilizou-se um hotel na cidade de Florianópolis, com uma área construída de 3.500m². A simulação computacional foi realizada através do programa *EnergyPlus*.

A calibração foi feita com base no consumo mensal da edificação utilizando as medições realizadas nos circuitos da lavadora de roupas e caldeira e no quadro geral do hotel. As medições foram realizadas durante o período de uma semana.

Observou-se a variação de 1,22% (2.870kWh) a mais no consumo anual de energia elétrica do hotel. Em alguns meses nota-se uma variação significativa no consumo mensal. Isto ocorre pelo fato da edificação ser um hotel, sendo difícil estimar os horários de acionamento dos sistemas. Existem períodos em que a ocupação é maior do que outros meses, porém isto varia com fatores externos, como congressos na cidade, feriados, época de alta temporada e eventos.

Os padrões de uso estimados para o hotel foram baseados na medição realizada no quadro geral de distribuição de energia elétrica da edificação e pela informação de dados de ocupação média anual do próprio hotel. A determinação das *schedules* de ocupação do hotel foi uma variável complicada de analisar, uma vez que cada hóspede tem sua rotina particular.

Com o modelo base calibrado, analisaram-se propostas de *retrofit* visando à redução no consumo e no custo de energia elétrica do hotel, tornando este mais eficiente energeticamente. Foram propostos *retrofit* no sistema de iluminação, condicionamento de ar, e a compra de um gerador a diesel com uso em horário de ponta adotando tarifa horo-sazonal verde. Para cada proposta foi realizada uma análise econômica dos investimentos.

A proposta no sistema de iluminação foi à única viável economicamente para o hotel em estudo. No *retrofit* do sistema de condicionamento de ar constatou-se que esta alternativa não seria viável para um período de estudo de 10 anos. Este fato está relacionado com o sistema de condicionamento de ar do modelo base, já que quando o hóspede deixa o quarto o sistema é desligado, não consumindo energia. No novo sistema, parte do *chiller* fica em operação para atender as demais áreas do prédio. A utilização do gerador a diesel no horário de ponta reduziu o valor anual da conta de energia elétrica, mas o custo da compra mensal de óleo diesel para o seu funcionamento é elevado para a edificação. Na proposta do coletor solar constatou-se que a economia proporcionada é pequena frente ao investimento inicial.

A análise da conta de energia elétrica, pelo fato do consumo da caldeira estar separada da conta principal em alguns meses e os padrões de uso dos equipamentos e sistemas de iluminação foram algumas das dificuldades encontradas no decorrer do trabalho.

Apesar da medição do quadro geral de distribuição de energia elétrica do hotel, este dado não foi suficiente para estimar a taxa de ocupação dos quartos e a administração do hotel não forneceu maiores detalhes sobre a lotação do estabelecimento. A realização de medições em particular de cada ambiente (principalmente do quarto de hóspede) e equipamento instalado, podendo ter um conhecimento da representatividade do consumo de cada item e a própria *schedule* de funcionamento são atividades futuras para um aperfeiçoamento do modelo base em comparação ao modelo real da edificação.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

DOE. Department of Energy. Desenvolvido pelo governo dos Estados Unidos das América. Apresenta trabalhos que buscam como resultados a eficiência energética. Disponível em: <http://www.eere.energy.gov/buildings/tools_directory>. Acesso em: 09 set. 2005.

ENERGYPLUS. U.S. Department of Energy, Energy Efficiency and Renewable Energy, Office. Desenvolvido pelo governo dos Estados Unidos da América. Apresenta o programa *EnergyPlus*. Disponível em: <<http://energyplus.gov>> . Acesso em: 20 maio 2005.

LabEEE. Laboratório de Eficiência Energética de Edificações. Desenvolvido pelo próprio laboratório. Apresenta o programa E2-Tarifas. Disponível em: <<http://www.labeee.ufsc.br/edois>> . Acesso em: 28 julho 2005.

MELO A. P.; *Avaliação Computacional de Estratégia para a Redução do Consumo de Energia Elétrica em um Hotel de Florianópolis*. 2005. 62 f. Trabalho de Conclusão de Curso. Departamento de Engenharia Civil. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis.

PROCEL. Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica. Desenvolvido pelo governo brasileiro. Apresenta textos sobre a conservação de energia elétrica. Disponível em: <<http://www.procel.gov.br>> . Acesso em: 12 de nov. 2005.

WESTPHAL F.S.; MARINOSKI D. L.; MATOS M.; LAMBERTS R. 2004. *Relatório de retrofit do sistema de iluminação interna no Hospital de São José*. Relatório interno. Laboratório de Eficiência Energética em Edificações. Departamento de Engenharia Civil. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis.