



6 a 8 de outubro de 2010 - Canela RS

ENTAC 2010

XIII Encontro Nacional de Tecnologia
do Ambiente Construído

VIABILIDADE DO USO DE PROTETORES SOLAR NA FACHADA OESTE DO HOTEL JACQUES GEORGE TOWER EM PELOTAS, RS

Noé Vega (1); Eduardo G. da Cunha (2); Antônio César S. B. da Silva (2)

(1) Curso de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Católica de Pelotas, Brasil – e-mail: vegademello@gmail.com

(2) Departamento de Tecnologia da Construção – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo – Universidade Federal de Pelotas, Brasil – e-mail: eduardo.grala@ufpel.edu.br,
acsbs@ufpel.edu.br

RESUMO

Dentro do contexto da necessidade de economia de energia em edificações comerciais em altura, a minimização da carga térmica proveniente da radiação solar tem uma grande importância no âmbito dos custos de energia provenientes da climatização artificial dos espaços interiores. Os sistemas de proteção solar desempenham um importante papel no que diz respeito aos ganhos térmicos. O objetivo do artigo é a apresentação de um estudo de viabilidade da utilização de um sistema de proteção solar em uma edificação de hospedagem na cidade de Pelotas, RS, com base em simulação computacional para análise de Eficiência Energética. O método utilizado prevê, inicialmente, o projeto de um sistema de proteção solar para a fachada oeste do hotel analisado. Posteriormente, é simulado o consumo de energia proveniente da climatização artificial considerando duas diferentes configurações do envelope. Na primeira, utiliza-se o sistema de proteção solar com brises mistos na fachada oeste. Já na segunda proposta de análise, o estudo é realizado sem a presença do sistema de proteção solar. A simulação é desenvolvida com base na utilização do software DESIGN BUILDER. Posteriormente, realiza-se a análise do investimento baseado no trabalho de Carlo (2008). Analisa-se o período necessário para o retorno do investimento do sistema de proteção solar considerando a tarifa convencional como também os custos da energia conservada (CEC). A última etapa do trabalho é caracterizada pela verificação do grau de conforto térmico do espaço interior com base na geração de arquivo TRY. Considerando os custos da tarifa convencional, verifica-se que o *pay-back* se daria em 8,4 anos. Já os custos da energia conservada ficariam em R\$ 0,281/kWh, abaixo do valor do kWh da tarifa convencional - R\$0,4216, e portanto, identificando como viável o investimento. Observando o *pay-back* de 8,4 anos como também os 15 anos de vida útil do sistema de proteção solar verifica-se a viabilidade de utilização do sistema analisado na fachada oeste do Hotel Jacques George Tower.

Palavras-chave: Proteção solar, brises, eficiência energética, simulação de eficiência energética.

1 INTRODUÇÃO

A eficiência energética tem sido amplamente discutida no meio acadêmico e profissional. Os primeiros passos brasileiros concretizados com a NBR 15220 (2005) e NBR 15575 (2008) são o início de uma longa jornada. Além disso, a homologação da versão final em 2009 do Regulamento Técnico de Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, Públicos e de Serviços é um importante passo no sentido da inserção do tema eficiência energética no cenário da construção civil nacional. A regulamentação define que a partir de 2009, considerando um prazo de cinco anos, todas as edificações comerciais, de serviços e públicas, deverão ser possuidoras de selos de eficiência energética (ENCE).

Por um lado, o tema passa a ser uma exigência normativa deixando de ser apenas uma exigência acadêmica. Por outro, as novas tecnologias no que dizem respeito à simulação computacional com softwares com interface mais amigáveis, como o DesignBuilder, por exemplo, possibilitam que cada vez mais os profissionais possam simular o desempenho termo-energético de edificações. Ainda são poucos os escritórios que trabalham com consultorias em simulação termo-energético, mas rapidamente o cenário deverá mudar nos próximos anos.

No Brasil, diversos estudos já foram realizados no que diz respeito ao consumo de energia elétrica por uso final em edificações comerciais em geral e públicas. É observado que 64% do consumo de energia elétrica se deve aos usos finais de iluminação e de ar-condicionado, chegando a 86% em bancos e escritórios (GELLER, 1991 apud LAMBERTS e CARLO, 2004). Levantamentos em Salvador também mostraram que o consumo de energia em salas de edifícios de escritórios pode chegar a 70% para condicionamento de ar e 15% para iluminação (MASCARENHAS et al, 1988 apud LAMBERTS e CARLO, 2004).

No que diz respeito à edificação hoteleira, tanto a iluminação artificial como também o condicionamento de ar caracterizam as parcelas mais representativas no que tange aos gastos energéticos. Os gastos energéticos com a iluminação, entre outros aspectos, relacionam-se diretamente a algumas variáveis como: a eficiência das lâmpadas e luminárias, o aproveitamento da iluminação lateral, o controle de presença em áreas de uso comum. Já os gastos relacionados ao condicionamento artificial relacionam-se diretamente à carga térmica da edificação, que por sua vez vincula-se aos ganhos térmicos provenientes da ocupação, da radiação solar, e da infiltração de ar.

Lamberts et al. (2004) caracteriza que um edifício é considerado energeticamente mais eficiente que outro quando proporciona as mesmas condições ambientais de conforto ao seu usuário, considerando para tanto, menor consumo de energia. Dentro desse contexto, o estudo da viabilidade de implantação de elementos de arquitetura que objetivem minimizar ou maximizar ganhos térmicos, acordando com o contexto climático, é um importante instrumento de análise da eficiência energética de soluções arquitetônicas.

Dentre as soluções que podem ser testadas destacam-se os sistemas de proteção solar, ou *Brisoleil*, que podem ser trabalhados na edificação por intermédio de diferentes formas, tais como: horizontais, verticais e mistos. O ganho térmico por intermédio dos fechamentos transparentes pode ser 8 vezes o do fechamento opaco, observando os fechamentos transparentes como os principais elementos de ganhos ou perdas térmicas em edificações (LAMBERTS, 2004). Um importante conceito a ser destacado é o Fator Solar, que é definido como o quociente entre a quantidade de energia solar que atravessa a janela e que nela incide. Enquanto um vidro de 3 mm tem fator solar de 0,87, um protetor solar externo como veneziana em madeira é de 0,09. Ou seja, para o vidro simples 87% da energia incidente penetra no ambiente em forma de ondas curtas e longas. Já com base no uso de protetor solar externo como veneziana, por exemplo, a energia incidente passa para apenas 9%, considerando aqui os ganhos apenas pelos fechamentos transparentes. Considerando o estudo da viabilidade da presença de sistema de proteção solar em edificação hoteleira a análise da eficiência energética e do tempo de retorno do investimento caracterizam o problema de pesquisa a ser tratado nesse artigo.

2 OBJETIVO

O objetivo deste estudo é mostrar a viabilidade, o tempo de retorno do investimento, como também o grau de conforto dos espaços interiores considerando a implantação de sistema de protetores solares em fachada oeste de edificação hoteleira, relacionando os custos do sistema com os da energia economizada no condicionamento dos cômodos.

3 METODOLOGIA

A pesquisa foi desenvolvida em quatro etapas:

1. projeto do sistema de proteção solar;
2. Simulação termo-energética do bloco de apartamentos;
 - 2.1 Edificação sem proteção solar (caso-base);
 - 2.2 Edificação com proteção solar mista;
3. Análise do conforto térmico do espaço interior dos apartamentos da cobertura – fachada oeste;
4. Análise do tempo de retorno do investimento e dos custos da energia conservada.

3.1 Caracterização da edificação escolhida

A edificação escolhida é o Hotel Jacques George Tower situado à Rua Almirante Barroso n 2069, Pelotas, RS. O bloco em estudo possui 9 pavimentos, localizando-se do 3º ao 9º os quartos de hóspedes, num total de 74 unidades (figuras 1, 2, 3).

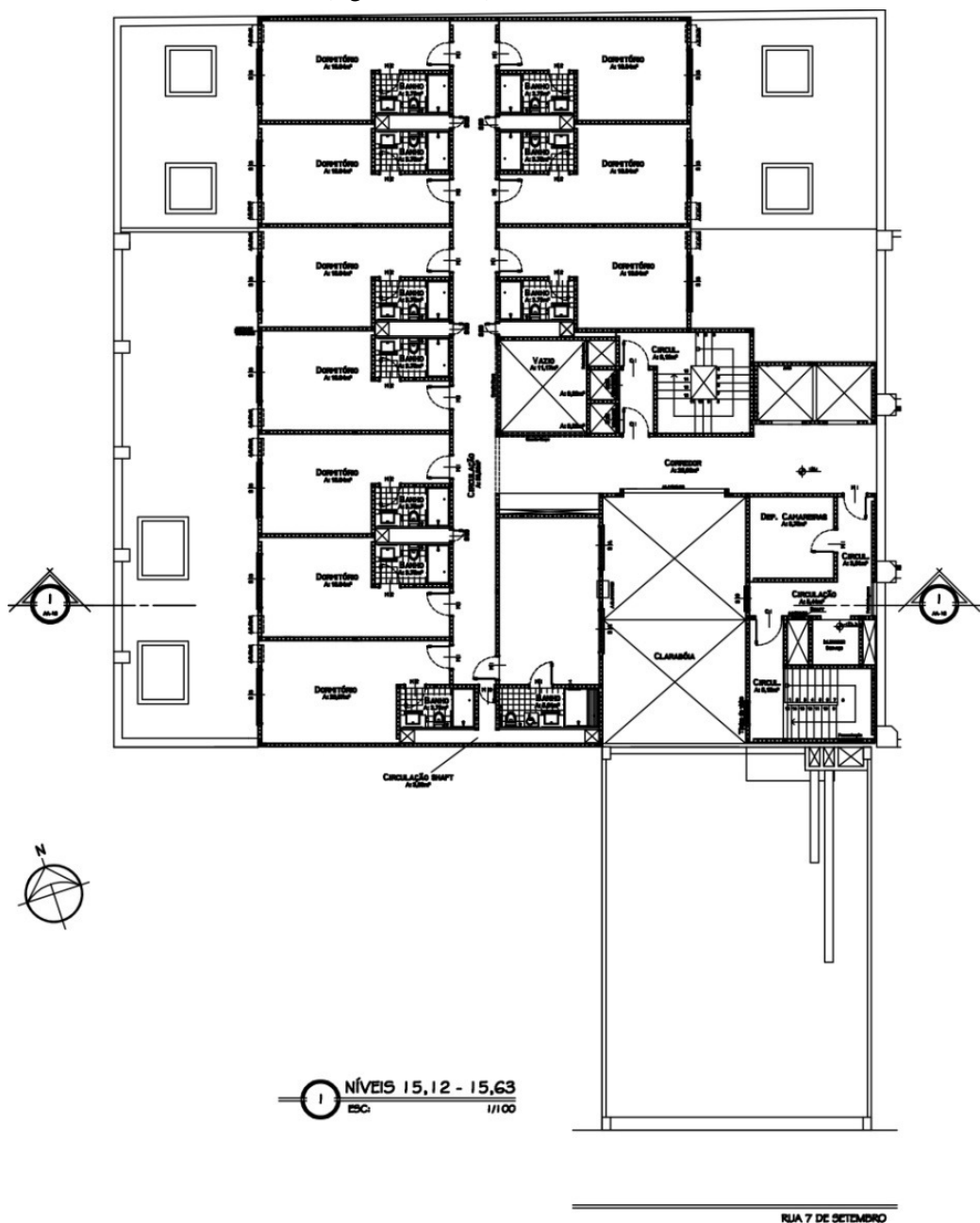


Figura 1 - Pavimento tipo

Os componentes da edificação adotados na simulação são caracterizados a seguir:

- Fechamento externo e interno com blocos cerâmicos 2 furos com 14,0 x 29,5 x 19,0 cm com densidade de 1800 Kg/m³;
- Janelas de PVC e vidro 5 mm, com dimensão de 2.0 m de largura por 1.6 m de altura, tendo uma bandeira fixa na parte inferior e 2 folhas de correr na parte superior;
- Cobertura de telha ondulada de 8 mm de espessura de fibrocimento, com inclinação de 10 graus sobre laje plana;
- Laje de entrepiso premoldada (treliçada), com espessura final de 13 cm.

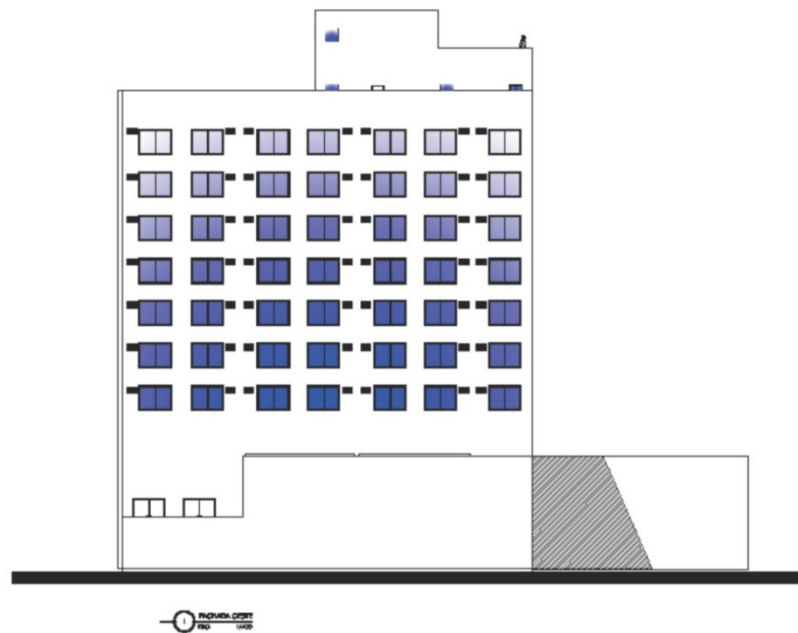


Figura 2 - Fachada oeste

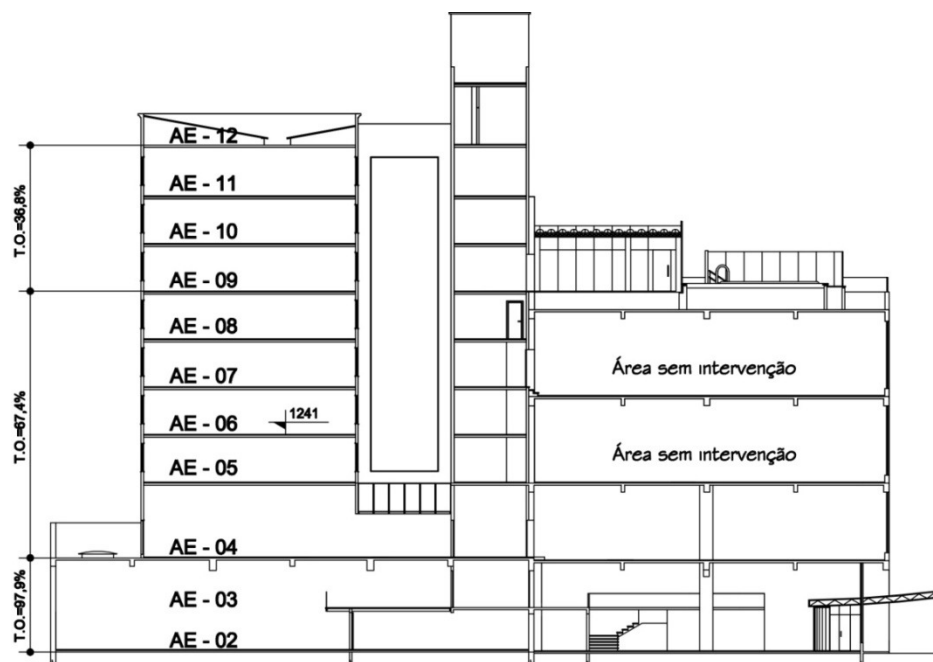
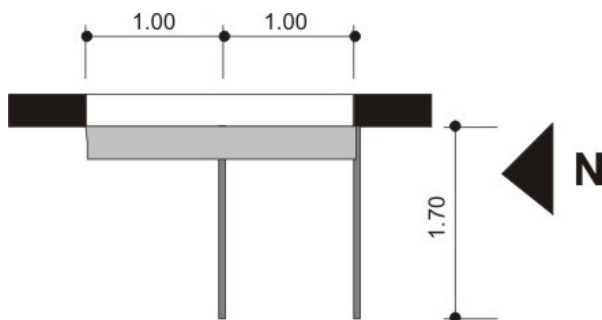


Figura 3 - Corte esquemático

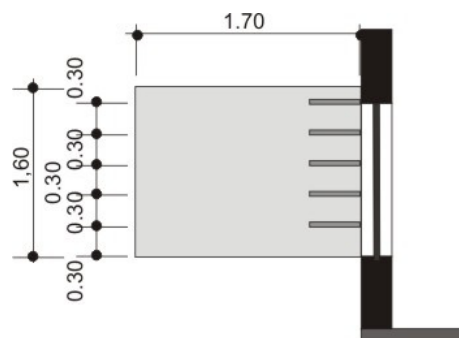
3.2 Projeto de sistema de proteção solar

Para o projeto do sistema de proteção solar considerou-se a necessidade do controle de radiação solar nos ambientes interiores entre os meses de setembro e março. Nesse período, a proposta contemplou eficiência total do sistema de proteção solar. A solução adotada foi de protetor solar misto, com 5 placas horizontais de 2.00 m de largura por 0.50 m de comprimento e 2 verticais de 1.70 m de largura por 1.60 m de altura, caracterizadas nas figuras 4 e 5.



PROTETORES EM PLANTA BAIXA

Figura 4 – Planta do sistema de proteção solar



CORTE ESQUEMÁTICO PROTEÇÃO SOLAR

Figura 5 – Corte do sistema de proteção solar

O custo do sistema implantado, com mão-de-obra foi de R\$ 814,72 por janela protegida.

3.3 Elaboração do modelo computacional

Foi utilizado o programa DESIGN BUILDER, versão 2,0 (trail), o qual opera com algoritmos do software EnergyPlus. Inicialmente, foram definidas as zonas térmicas do modelo. A edificação foi modulada em 7 pavimentos. Cada pavimento foi organizado em 3 zonas, constituídas pelos dormitórios, banheiros e uma grande zona composta pelos demais espaços climatizados do pavimento. A figura 6 ilustra a organização das zonas.

O arquivo climático utilizado foi o da cidade de Santa Maria, RS, também localizada na zona bioclimática 2, em decorrência da inexistência do arquivo climático da cidade de Pelotas, RS. A caracterização dos materiais utilizados na simulação está apresentada na tabela 1, acordando com a NBR 15220 (2005).

Com relação aos ganhos térmicos, a simulação foi realizada considerando 30 W/m² como energia acumulada com iluminação artificial, frigobar e TV. O setpoint da temperatura interna para abertura dos vidros foi definido em 25°C, com base em trabalho de Martins et al, 2009.

Foi simulado o consumo de energia dos dormitórios situados no último e penúltimo pavimentos com e sem sistema de proteção solar.

Tabela 1 - Características dos materiais utilizados na simulação

Material	Densidade aparente (Kg/m ³)	Condutibilidade térmica (W/m.K)	Calor específico (kJ/kg.K)
Bloco cerâmico	1800	1,0	0,92
Concreto	2400	1,75	1,0
Fibrocimento	1600	0,35	0,84

Fonte: NBR 15220 – Parte 2 (2005)

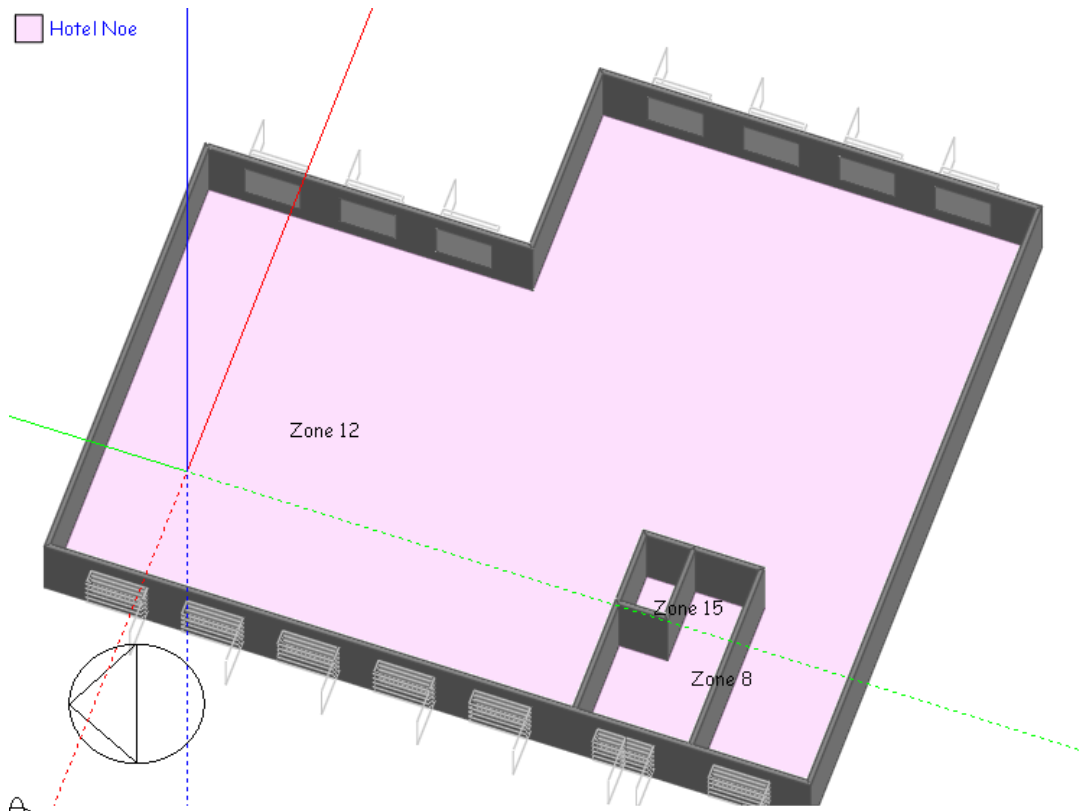


Figura 6 - Zonas simuladas no sétimo pavimento

3.4 Configurações da edificação simulada com e sem sistema de proteção solar

Para avaliar a viabilidade da utilização de sistemas de proteção solar foram simuladas duas configurações. Na primeira, utilizou-se um sistema de proteção solar dimensionado a partir da estratégia de bloqueio da radiação solar direta no espaço interior entre os meses de setembro e março. O protetor solar utilizado é misto, composto por duas placas verticais em painéis de alumínio composto (ACM) como mostra a figura 5, com dimensão de 1.7 m no sentido perpendicular à parede e 1.6m correspondente à altura da janela e, cinco lâminas horizontais perpendiculares ao plano da janela com dimensão de 50cm de largura e 2,0 m de comprimento, distanciados entre si 30 cm. Na segunda, sem proteção solar, conforme a configuração atual do edifício, caracterizada como caso-base. As configurações 1 e 2 são ilustradas nas figuras 5, 6, 7 e 8.

3.5 Análise do conforto térmico do espaço interior

Para a análise do conforto térmico, com base nos resultados das simulações termo-energéticas tanto no caso-base como também na edificação com o sistema de proteção solar, foi gerado um arquivo TRY, utilizando-se para tanto o programa Analysis Bio versão 2.1.5 desenvolvido pelo Laboratório de Eficiência Energética em Edificações da Universidade Federal de Santa Catarina. De posse do arquivo TRY foi possível no próprio software Analysis Bio verificar o período de conforto e desconforto das duas situações analisadas nas 8760 horas de um ano de referência.

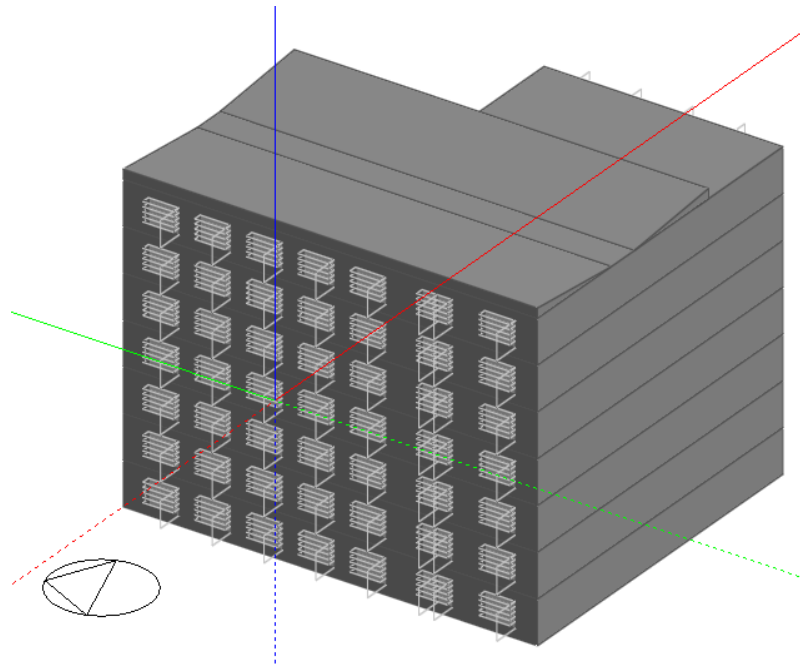


Figura 7 - Edificação com sistema de proteção solar

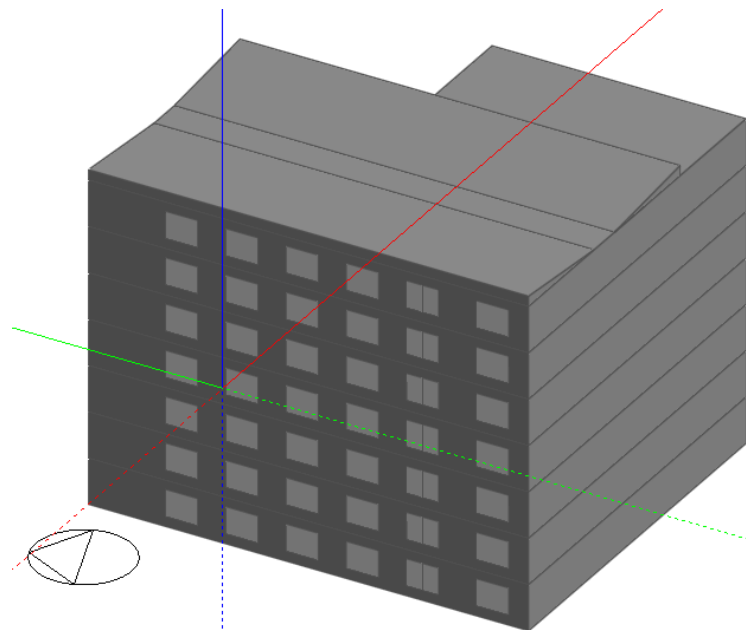


Figura 8 - Edificação sem sistema de proteção solar

3.6 Análise do investimento

Para avaliar o custo da implementação do sistema de proteção solar para a fachada oeste da edificação, baseado no trabalho de Carlo (2008), foram definidos dois indicadores: o custo da energia conservada (CEC), e o *pay-back* simples. Segundo Roseneld (1996) apud Carlo (2008), o custo da energia conservada é calculado de acordo com os custos da implementação dos protetores solar na fachada oeste e com a energia economizada por intermédio dessa medida. Para que fosse possível calcular o CEC foi necessário, inicialmente, verificar os custos de climatização artificial em um edifício base. A equação 1 descreve o cálculo do CEC (MARTINAITIS ET AL., 2004 apud CARLO, 2008).

$$CEC = (TCC/\Delta E) \cdot \{d/[1-(1+d)^{-n}]\} \quad (\text{eq.1})$$

Onde,

CEC, custo da energia conservada (R\$/kWh);

TCC, custo da implementação do sistema de proteção solar;

ΔE , energia economizada pela implementação do sistema de proteção solar em relação a um caso-base (kWh ano);

n, a vida útil do sistema de proteção solar (anos); e

d, a taxa de desconto em base anual, equiparada ao INCC (IBGE, 2010) (adimensional)

De acordo com Carlo (2008), o CEC é avaliado em conjunto com a economia de energia que ele proporciona. O seu conceito está relacionado a uma comparação com o edifício-base e com a tarifa de energia. Caso o CEC seja menor do que o valor de 1 kWh o investimento é considerado vantajoso.

O segundo indicador utilizado é o *pay-back* simples, o qual permite verificar o tempo de retorno do investimento de forma simplificada. O *pay-back* simples é calculado por intermédio da equação 2:

$$PB = I/CA \quad (\text{eq.2})$$

onde,

PB, *pay-back* simples em anos;

I, investimento realizado (R\$); e

CA, custo anual da energia que pode ser economizada (R\$/ano).

O período de vida útil do sistema de proteção solar adotado para o cálculo do CEC foi de 15 anos. A taxa de desconto foi baseada no Índice Nacional da Construção Civil (IBGE, 2010). Com base no trabalho de Carlo (2008) foi utilizado o INCC dos últimos 5 anos, coletados entre 2005 e 2009, com a média de 6,62%. O preço médio da tarifa de energia elétrica foi obtida para edifícios do grupo A4, alimentação em baixa tensão, para a cidade de Pelotas, RS, sendo R\$ 0,4216 o kWh.

4 ANÁLISE DE RESULTADOS

Com relação à economia de energia e o tempo de retorno do investimento observa-se que a presença ou ausência do sistema de proteção solar nos fechamentos transparentes trouxe um efeito direto no consumo de energia proveniente da climatização artificial dos espaços internos. A tabela 2 caracteriza o consumo dos apartamentos situados em pavimento intermediário da edificação. A análise de viabilidade econômica foi desenvolvida com base na análise dos dados a seguir.

Tabela 2 - Consumo de energia anual proveniente da climatização artificial

<i>Dormitório analisado</i>	<i>Unitário (1 m²)</i>	<i>Apartamento (25 m²)</i>
Consumo com proteção solar (kW/m ² ano)	39,05	976,25
Consumo sem proteção solar (kW/m ² ano)	48,27	1.206,75

Para o cálculo da energia conservada (CEC) foram determinadas as variáveis conforme tabela 3.

Tabela 3 – Cálculo do custo da energia economizada (CEC)

<i>TCC (R\$)</i>	<i>ΔE (kWh ano)</i>	<i>n (anos)</i>	<i>d (%)</i>	<i>CEC (R\$/kWh)</i>
39.921,28	11.294,5	15	6,62	0,281

Tabela 4 - Consumo de energia anual proveniente da climatização artificial

<i>I (R\$)</i>	<i>Economia total (kWh ano)</i>	<i>CA (R\$/ano)</i>	<i>Pay-back simples (anos)</i>
39.921,28	11.294,5	4.761,76	8,4

(Nota: Custo do protetor solar por apartamento: R\$ 814,72 ; Valores do kWh de baixa tensão incluindo os impostos)

Tanto o CEC de R\$ 0,281/kWh como também o *pay-back* de 8,4 anos caracterizam a proposta de aumento de eficiência do hotel Jacques George Tower com a implementação de 49 protetores solar mistos em alumínio na fachada oeste do bloco de apartamentos como perfeitamente viável.

Com relação à análise do conforto térmico dos espaços interiores, conforme já mencionado, observou-se, com base na criação de arquivo TRY no software Analysis Bio, o número de horas de conforto e desconforto no período de um ano. Para os apartamentos situados na cobertura da fachada oeste com o sistema de proteção solar, o número de horas de conforto chegou a 44,10 %. Já para as unidades sem o sistema de proteção solar esse valor foi de apenas 36%. Ou seja, a inclusão de sistema de proteção solar misto na fachada oeste garantiria 692,04 horas de conforto a mais no período de um ano do que a situação com a configuração do caso-base, ou situação atual, sem proteção solar. O Gráfico 1 apresenta os resultados da análise do conforto térmico dos espaços interiores. O arquivo TRY gerado foi plotado no software Analysis Bio sendo que os resultados são provenientes do relatório de saída.

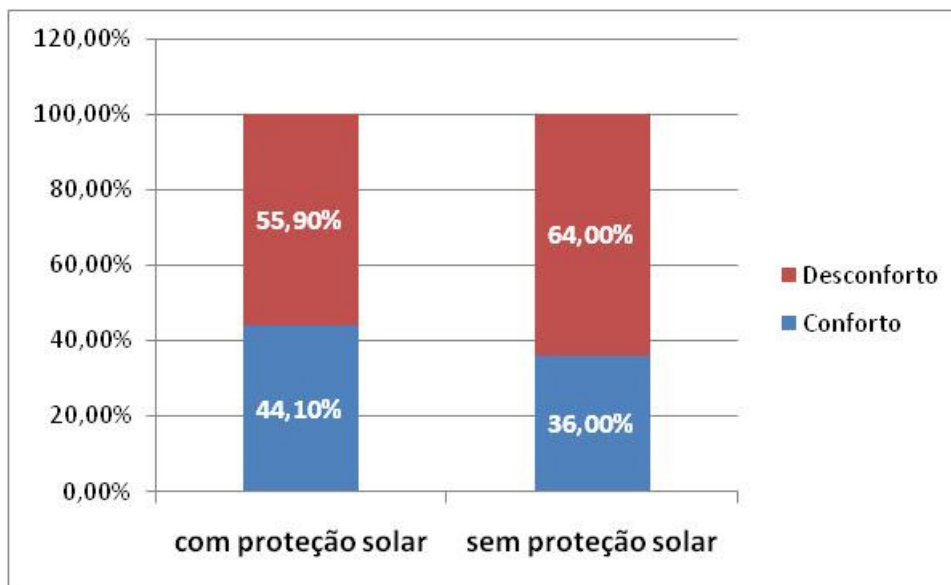


Gráfico 3 – Análise do grau de conforto térmico dos espaços interiores

5 CONCLUSÕES

A hipótese de pesquisa foi comprovada, ou seja, seria viável implantar um sistema de proteção solar misto nos 49 apartamentos situados na fachada oeste do Hotel Jacques George Tower, já que tanto as variáveis da análise de investimento quanto às de conforto térmico, apontaram para o êxito da proposição. O custo da energia conservada (CEC) – R\$ 0,281/kWh - foi menor que o valor do kWh – Tarifa Convencional, BT (R\$ 0,4216/kWh). Já o *pay-back* simples foi de 8,4 anos, aproximadamente a metade do tempo da vida útil do sistema, caracterizando também a viabilidade do investimento. No que diz respeito ao grau de satisfação dos usuários do espaço interior, o aumento do grau de conforto do espaço interior em quase 8%, confirma mais um indicador positivo da viabilidade de implantar um sistema de proteção solar na fachada oeste do referido edifício.

6 REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220-2**: Desempenho térmico de edificações – Parte 2: Métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações. Rio de Janeiro, 2005.

_____. **NBR 15220-3**: Desempenho térmico de edificações – Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e estratégias de condicionamento térmico passivo para habitações de interesse social. Rio de Janeiro, 2005.

_____. **NBR 15575** – Edifícios habitacionais de até cinco pavimentos - Desempenho - Parte 1: Requisitos Gerais. Rio de Janeiro, 2008.

CARLO, Correna Joyce. Relação entre a eficiência estabelecida pela regulamentação para a etiquetagem do nível de eficiência energética de edifícios comerciais e os benefícios econômicos provenientes de investimentos no envoltório. In: INSTITUTO PARA O DESENVOLVIMENTO DE ENERGIAS ALTERNATIVAS NA AMÉRICA LATINA. IDEAL. **Eco_Lógicas: renovar é pensar diferente**. Florianópolis: Insular, 2008.

GELLER, H.S. **Efficient electricity use: a development strategy for Brazil**. American Council for an Energy-Efficient Economy, Washington, DC, 1991.

ÍNDICE NACIONAL DE CUSTOS DA CONTRUÇÃO. IBGE. Disponível em <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/calendario2010.shtm>. Consultado em Março de 2010.

INSTITUTO PARA O DESENVOLVIMENTO DE ENERGIAS ALTERNATIVAS NA AMÉRICA LATINA. IDEAL. **Eco_Lógicas: renovar é pensar diferente**. Florianópolis: Insular, 2008.

LAMBERTS, R; CARLO, J. C., 2004. Uma Discussão sobre a Regulamentação de Eficiência Energética em Edificações. In: Congresso de Ar Condicionado, Refrigeração, Aquecimento e Ventilação do Mercosul, 2004, **Anais...** MERCOFRIO, 2004.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. O. R. **Eficiência Energética na Arquitetura**. 2a edição. São Paulo: ProLivros, 2004.

MARTINAITIS, V., ROGOZZA, A. BIKMANIENE, I. Criterion to evaluate the "twofold benefit" of the renovation of buildings and their elements. In: **Energy and Buildings**. Oxford: Elsevier, 2004. V. 36. pp 3-8.

MARTINS, David; RAU, Sabrina; RECKZIEGEL, Simone; FERRUGEM, Anderson; SILVA, Antônio César. Ensaio sobre a utilização da automação de aberturas na simulação do desempenho térmico de edificações. In: X Encontro Nacional e VI Encontro Latino Americano de Conforto no Ambiente Construído, 2009, **Anais...** Natal: ENTAC, 2009.

MASCARENHAS, A.; NERY, J.F.; D'ALCANTARA, A. Conservação de Energia e Conforto Ambiental em Edificações Comerciais de Salvador; **Relatório COELBA/UFBA/PROCEL**, 1988.

ROSENFELD, A. Energy efficiency US commercial successful and emerging strategies. In: Energy Efficiency Workshop, **Proceedings...** Rio de Janeiro: CEPEL, 1996. 11 p

TABELA DE TARIFA DE ENERGIA ELÉTRICA. Companhia Estadual de Energia Elétrica. CEEE. Disponível em http://www.cee.com.br/pportal/cee/archives/Tabela_Convencional_2009.pdf. Consultado em 11 de maio de 2010.