XV ENCAC Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído
XI ELACAC Encontro Latino-Americano de Conforto no Ambiente Construído
JOÃO PESSOA | 18 a 21 de setembro de 2019

INFLUÊNCIA DAS PROTEÇÕES SOLARES EXTERNAS ALIADAS A ALTERNATIVAS PARA REDUÇÃO DO CONSUMO ENERGÉTICO EM EDIFICAÇÕES COMERCIAIS NA ZONA BIOCLIMÁTICA BRASILEIRA 2

Liége Garlet (1); Jenifer Godoy Daltrozo (2) Gabriela Meller (3) Willian Magalhães de Lourenço (4) Joaquim Pizzuti dos Santos (5)

(1) Mestra, Professora do Curso de Arquitetura e Urbanismo, liegegarlet@gmail.com, Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Campus Santo Ângelo, Rua Universidade das Missões, 464 - CEP: 98.802-470, Santo Ângelo - RS, (55) 3313 7900

(2) Mestra, Professora do Curso de Arquitetura e Urbanismo, jegodoy.arq@gmail.com, Universidade Federal de Santa Maria, Av. Roraima,1000 – CEP: 97105-900, Santa Maria - RS, (55)3220 8000

(3) Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, gabrielameller0@gmail.com

(4) Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, creativearquiteto@gmail.com

(5) Dr, Professor do Departamento de Estruturas e Construção Civil, joaquimpizzutti@hotmail.com

RESUMO

O uso de proteções solares é uma estratégia para a redução do consumo de energia em edificações. Nesse sentido, este trabalho avalia a influência de proteções solares externas em edificações comerciais na Zona Bioclimática Brasileira 2, quando utilizadas em conjunto a outras soluções alternativas de projeto para redução do consumo energético. Foi simulada uma edificação de escritório na situação real sem proteções solares, comparando-a com uma situação de uso das proteções solares e mais duas outras situações: uma delas, na condição real, com substituição dos equipamentos condicionadores de ar e luminárias por equivalentes de menor consumo energético e a outra, considerando estas substituições mais o acréscimo das proteções solares externas. Os resultados evidenciaram que a situação de uso de proteções solares externas nas janelas é benéfica no verão, porém, no inverno, esta condição não se evidencia. Entretanto, analisando o balanço térmico da edificação, para ambos os casos, a solução se mostra positiva. Em conjunto às demais soluções de projeto avaliadas, a utilização destes elementos é de extrema significância na redução dos ganhos térmicos no verão. No inverno, apesar de não demonstrar um balanço térmico mais favorável, este não se destaca muito da situação real. Deve-se considerar também que o comportamento do usuário é muito relevante para o processo.

Palavras-chave: proteção solar externa, consumo de energia, edifícios comerciais.

ABSTRACT

The use of sunscreens is a strategy to reduce energy consumption in buildings. In this sense, this work evaluates the influence of external solar protections on commercial buildings in the Brazilian Bioclimatic Zone 2, when used with other alternative design solutions to reduce energy consumption. It was simulated an office building in the real situation without shading devices, comparing it with one situation of use to shading devices and two other situations. One of them, in the real condition, with replacement of the air conditioners and luminaires by equivalents of less energy consumption and the other, considering these substitutions plus the addition of external shading devices. The results showed that the situation of shading devices use is beneficial in the summer, but in winter, this condition is not evident. However analyzing the thermal balance of both cases, the solution is positive. Together with the other evaluated project solutions, the use of these elements is extremely important in the reduction of thermal gains in the summer. In winter, although it does not show a more favorable thermal balance, it does not stand out much from the real situation. It should also be considered that user behavior is very relevant to the process.

Keywords: shading devices, energy consumption, commercial buildings.

1. INTRODUÇÃO

Uma das maneiras de se alcançar a eficiência energética em edificações é a substituição de equipamentos de alto consumo energético pelos seus equivalentes de menor consumo, como o caso dos condicionadores de ar e lâmpadas. Da mesma forma, as estratégias de arquitetura bioclimática tem potencial de melhorar as condições de conforto dos ambientes e sua eficiência energética. Uma destas estratégias passivas são as proteções solares nas janelas.

Para edificações localizadas em climas tropical e equatorial como as brasileiras, a adoção de proteções solares é crucial, pois pode reduzir significativamente a necessidade de consumo de energia por sistemas de condicionamento de ar, este sendo responsável por 40% do consumo do setor de edifícios comerciais e de 10 a 39% do setor residencial, em função da região geográfica (SOUZA E PEREIRA, 2008).

A ABNT NBR 15220-3 (2005) apresenta o Zoneamento Bioclimático Brasileiro e estratégias definidas de projeto para cada zona. Para a Zona Bioclimática Brasileira 2, é apresentado o sombreamento das aberturas como uma das soluções de projeto. Contudo, o uso de proteções solares, como brises, venezianas, beirais ou, até mesmo, marquises e toldos, devem ser utilizados com consciência.

Estudos como Pouey (2011), Tondo (2017), Nakamura, Maciel e Carlo (2018) evidenciam por meio de simulações computacionais, o uso de brises translúcidos ou brises horizontais móveis como boas soluções de proteções solares. Para a solução de brises horizontais móveis, no verão a mesma deve estar posicionada na horizontal para que haja sombreamento das aberturas, já no inverno a mesma deverá estar na posição horizontal ou recolhida, para que haja ganhos térmicos na edificação.

Diante disso, ressalta-se a necessidade da realização de análises e simulações computacionais para identificar a melhor tipologia de proteção solar, visando sua otimização quanto ao desempenho térmico e conforto do usuário.

2. OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é avaliar a influência de proteções solares externas em edificações comerciais inseridas no clima mesotérmico e úmido na Zona Bioclimática Brasileira 2, para redução do consumo energético, quando utilizada em conjunto a outras soluções de projeto.

3. MÉTODO

A metodologia do trabalho consistiu na caracterização do objeto de estudo, definição dos parâmetros e dos modelos da simulação computacional e análise dos fluxos térmicos e consumo energético.

3.1. Objeto de estudo

A edificação objeto de estudo, localizada na cidade de Santa Maria - RS, ZB2, com área de 219,25 m², caracteriza-se por ser um escritório, apresentando ambientes, conforme exposto na Figura 1. Neste trabalho será analisada a sala de engenharia (Figura 2), por ser o ambiente de maior área, número de aberturas e por apresentar fachadas em três orientações solares, consequentemente, maiores trocas térmicas.

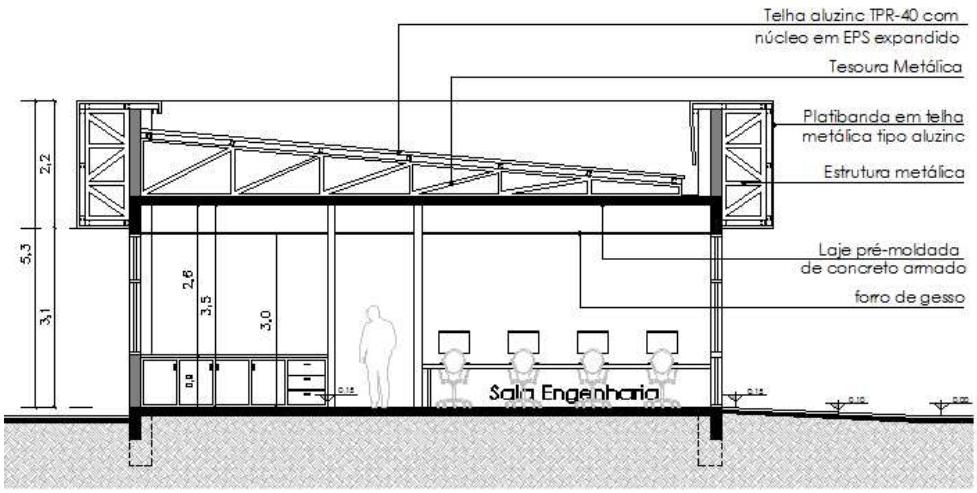


Figura 1 - Corte AA (Fornecida pela proprietária, 2017).

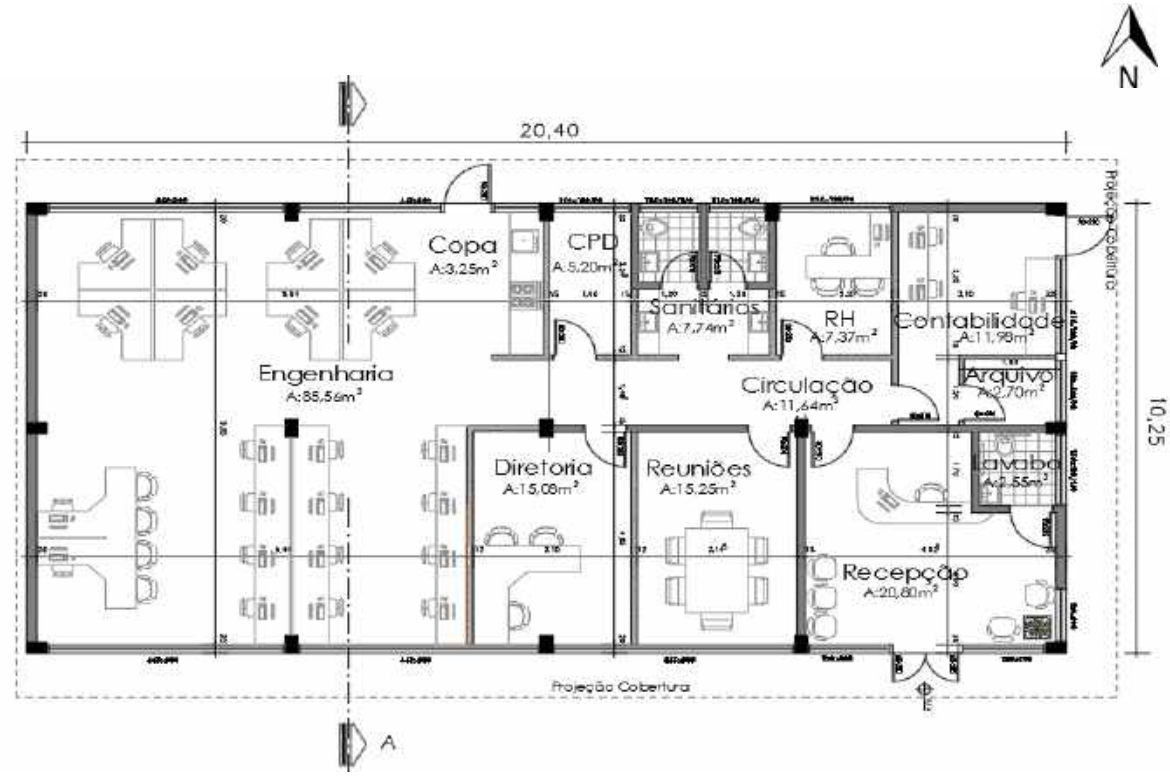


Figura 2 – Planta Baixa do escritório (Fornecida pela proprietária, 2017).

As características construtivas da edificação e as propriedades termofísicas dos materiais são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 – Materiais componentes da edificação e suas características térmicas.

Materiais utilizados		**Características Térmicas**				
Materiais	**Espessura (cm)**	**Condutiv. Térmica (W/m-K)**	**Densidade (kg/m³)**	**Calor espec. (J/kg-K)**	**Absort. Térmica**	**Absort. Solar**
Concreto (laje)	15	1,75	2200	1000	0,90	0,7
Tijolo cerâmico (9X14X24)	8 (parede equivalente)	1,05	706,52	920	0,70	0,85
Argamassa ext/int	2,5	1,15	2000	1000	0,95	0,6
Chapa metálica* (telha cobertura)	0,6	65	3750	460	0,90	0,55
EPS	2,5	0,04	20	142	0,9	0,2
Lã de rocha	3	0,045	50	700	0,9	0,3
Gesso	13	0,35	850	840	0,9	0,2
Madeira (portas escritório)	4	0,15	450	230	0,95	0,2

*Especificações segundo Galvinfo Center, 2014.
Fonte: Adaptado de ABNT, 2005.

As paredes do escritório, compostas de tijolos rebocados em ambas as faces, apresentam transmitância térmica de 2,43 W/m².K e capacidade térmica de 152 kJ/m².K. Apenas a parede oeste da sala de engenharia é dupla, possuindo lã de rocha entre duas paredes iguais as demais. A cobertura, formada por telha de aço galvanizada, EPS e forro de gesso, apresenta transmitância térmica de 0,945W/m².K e capacidade térmica de 17,023 kJ/m².K.

Na fachada sul, os vidros são refletivos (8mm) e possuem transmitância térmica de 5,6 W/m².K, transmitância a luz visível de 9,6% e fator solar de 0,225. Nas demais, são vidros comuns (4mm) com películas refletivas, apresentando transmitância térmica de 1,0 W/m².K, transmitância a luz visível de 6,3% e fator solar de 0,38.

3.2. Parâmetros da Simulação Computacional

Para avaliação dos fluxos térmicos e consumo energético da edificação, utilizou-se de simulação computacional com o *software EnergyPlus* 8.3.0, e auxílio do *Sketchup 15 Make* e *plugin* do *Legacy OpenStudio* para a interface gráfica.

A modelagem (Figura 3) baseou-se no levantamento das características construtivas do edifício e dados climáticos da cidade de Santa Maria/RS, representados pelo arquivo climático *TRY*, analisando-se o dia típico de verão (20/2) e inverno (9/7) de percentual 2,5% (FLORES, 2014).

Somam-se ao modelo, os padrões de comportamento do edifício e dos ocupantes (*schedules*) e o cálculo da temperatura do solo realizado pelo Pré-processador *Slab*.

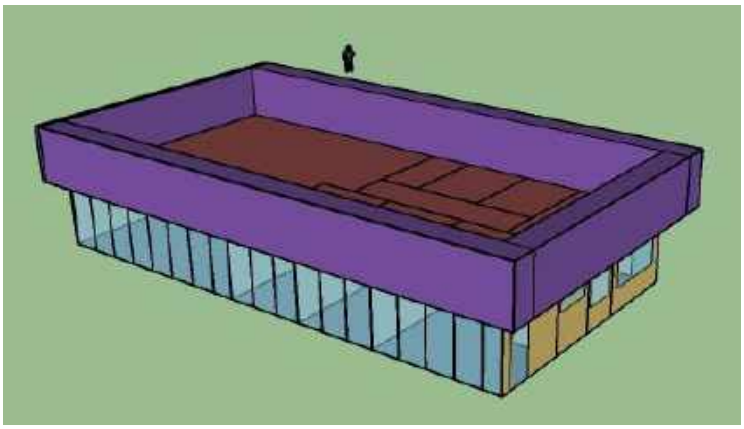


Figura 3 – Modelagem do pavilhão com a interface do software Skecthup (Autores, 2017).

3.2.1. Condições de uso, ocupação e iluminação e climatização

Para o padrão de ocupação dos ambientes, considerou-se a situação real de funcionamento, atribuindo uma *Schedule* de 100% nos horários das 7h30min às 12h e das 13h às 18h18min, e 10% de ocupação nos horários entre 12h e 13h, de segunda à sexta-feira.

O mesmo parâmetro é utilizado para as *schedules* de equipamentos e iluminação. Os equipamentos são típicos de um escritório. A iluminação dos ambientes no escritório é feita por lâmpadas fluorescentes tubulares T5, com quatro lâmpadas por luminária (4 x 14W), na maioria dos ambientes do escritório, e algumas fluorescentes espirais de 23W. Para a iluminação cênica são utilizadas lâmpadas dicroicas de 50W.

Quanto à atividade metabólica, considerou-se a atividade de escritório, de 130 W/m^2, com um total de 28 pessoas distribuídas da seguinte forma: 2 pessoas na circulação, 14 na engenharia, 2 na sala de contabilidade, 2 na recepção, 4 na sala de reuniões, 2 na diretoria e duas na sala de recursos humanos, seguindo a mesma *schedule* de ocupação.

A edificação é climatizada artificialmente por condicionadores de ar do tipo Split, com COP (coeficiente de performance) dos equipamentos variando de 2,61 a 3,2; configurados para o s*etpoint* de 22 °C no verão e inverno, operando conforme a ocupação do edifício.

3.2.2. Configuração das proteções solares externas

A configuração das proteções solares externas contemplou o objeto *Blind* do *EnergyPlus*, que consiste em um brise horizontal externo com aletas (14cm), que se adaptam a luz solar. O brise está localizado a 5 cm dos vidros e possui espessura de 1mm, apresentando características ópticas de refletância solar de 65%, refletância visível de 30%, emissividade de raios infravermelho de 5%, condutividade de 230 W/m.K, transmitância solar e transmitância de raios infravermelhos de 0. A opção pela proteção horizontal, deve-se a indicação já conhecida na bibliografia pelas aberturas estarem posicionadas a norte e a sul no ambiente avaliado.

Foi configurada uma *schedule* para abertura das proteções solares, conforme a Tabela 2.

Tabela 2 – Configuração das Schedules para abertura das proteções solares externas

Período	**Horário de Abertura**	**Percentual de Abertura**
30/11 a 28/2	0h – 7:30h	100%
	7:30h – 18:18h	25%
	18:18h – 0h	100%
28/2 a 31/5	0h – 24h	50%
31/5 a 31/8	0h – 24h	100%
31/8 a 30/11	0h – 24h	50%

3.2.3. Configurações dos modelos para a simulação

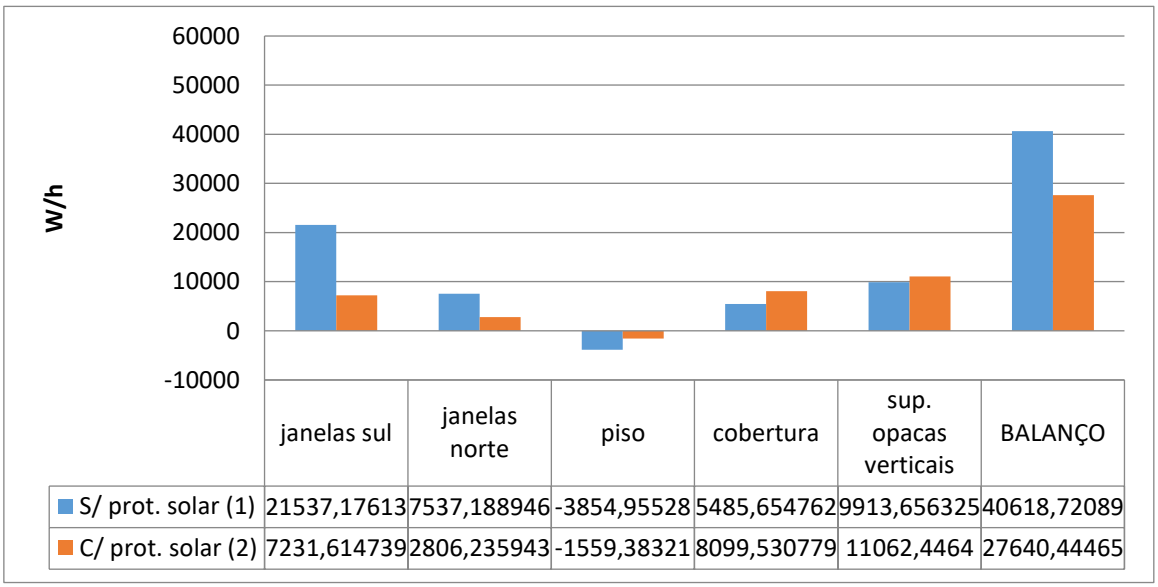
As análises deste trabalho consideraram modelos distintos para as simulações computacionais, conforme a Tabela 3.

Tabela 3- Modelos as simulações computacionais analisadas

Situação 1	Condição real da edificação
Situação 2	Situação 1+ proteções solares externas
Situação 3	Situação 1 + absortância solar dos fechamentos opacos de 0,2 + substituição total das lâmpadas utilizadas, pelas equivalentes em LED + substituição dos condicionadores de ar por outros de COP = 3,25, com *setpoint* de 22°C para aquecimento e 24°C para resfriamento (testada a melhor configuração para o *setpoint*)
Situação 4	Situação 3 + proteções solares externas

4. RESULTADOS

Analisaram-se os fluxos térmicos do ambiente de engenharia para os dias típicos de verão e inverno sem (Situação 1) e com proteção solar externa (Situação 2) conforme os gráficos das Figuras 4 e 5.



	janelas sul	janelas norte	piso	cobertura	sup. opacas verticais	BALANÇO
S/ prot. solar (1)	21537,17613	7537,188946	-3854,95528	5485,654762	9913,656325	40618,72089
C/ prot. solar (2)	7231,614739	2806,235943	-1559,38321	8099,530779	11062,4464	27640,44465

Figura 4 – Fluxos térmicos para o dia típico de verão.



	janelas (sul)	janelas (norte)	piso	cobertura	sup. opacas verticais	BALANÇO
S/ prot. solar (1)	-16936,2167	-3782,74236	358,0127166	-26317,9882	-7102,75218	-53781,6867
C/ prot. solar (2)	-16961,6255	-6302,71138	2401,961225	-25161,2338	-5686,75733	-51710,3668

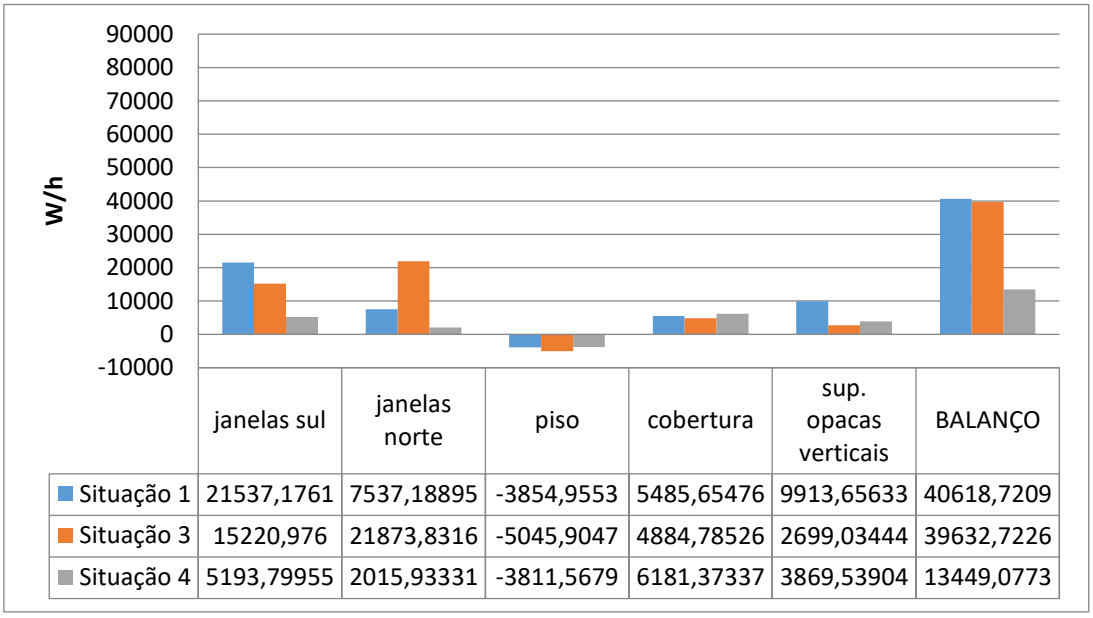
Figura 5 – Fluxos térmicos para o dia típico de inverno.

No verão, observa-se que os ganhos provenientes das janelas norte e sul são amenizados pelos brises, consequentemente aumentando os ganhos pela cobertura e superfícies opacas verticais. Como a diferença de ganho de calor pelas janelas é maior que a diferença do ganho de calor observado nas paredes e cobertura, conclui-se que o uso de proteções solares seja eficiente.

No inverno, o uso dos brises na orientação sul é equivalente à situação de não utilização, devido à pouca incidência solar, e à norte, a utilização das proteções solares não é imprescindível, devido à necessidade de aquecimento do ambiente.

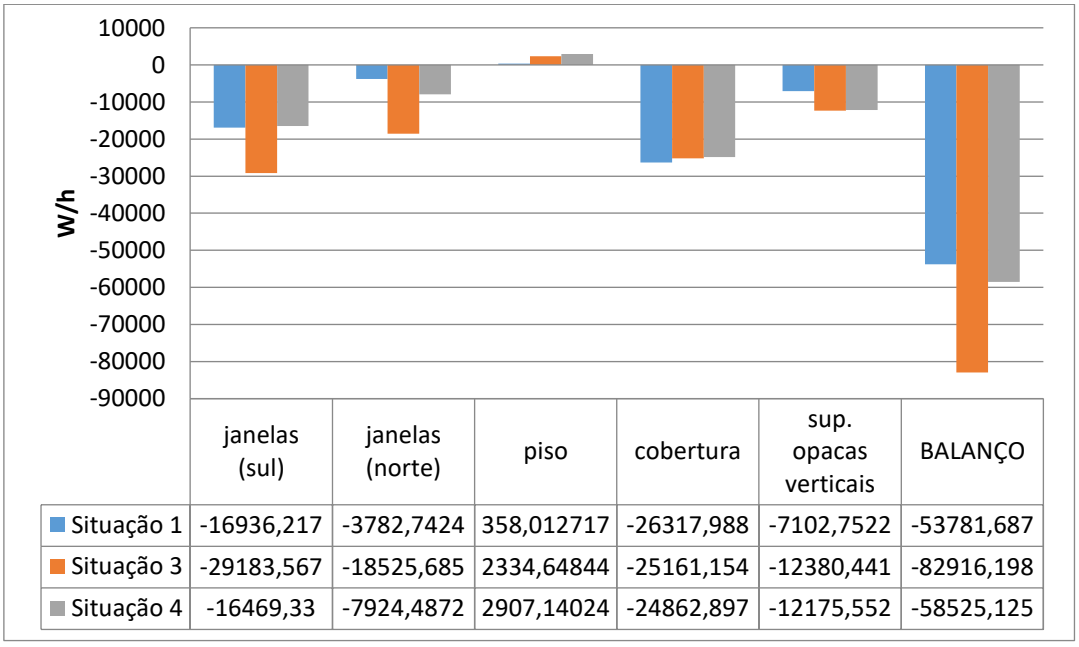
Porém, analisando-se o balanço térmico entre as duas estações do ano, o uso das proteções solares se faz eficiente, observando que no verão os maiores ganhos ocorrem pelas janelas e no inverno as maiores perdas ocorrem pela cobertura.

Além da avaliação isolada das proteções solares, foram analisados os fluxos térmicos para as situações de uso de proteções solares em relação às Situações 1, 3 e 4, conforme as Figuras 6 e 7.



	janelas sul	janelas norte	piso	cobertura	sup. opacas verticais	BALANÇO
Situação 1	21537,1761	7537,18895	-3854,9553	5485,65476	9913,65633	40618,7209
Situação 3	15220,976	21873,8316	-5045,9047	4884,78526	2699,03444	39632,7226
Situação 4	5193,79955	2015,93331	-3811,5679	6181,37337	3869,53904	13449,0773

Figura 6 – Fluxos térmicos para as Situações 1, 3 e 4 (dia típico de verão)



	janelas (sul)	janelas (norte)	piso	cobertura	sup. opacas verticais	BALANÇO
Situação 1	-16936,217	-3782,7424	358,012717	-26317,988	-7102,7522	-53781,687
Situação 3	-29183,567	-18525,685	2334,64844	-25161,154	-12380,441	-82916,198
Situação 4	-16469,33	-7924,4872	2907,14024	-24862,897	-12175,552	-58525,125

Figura 7 – Fluxos térmicos para as Situações 1, 3 e 4 (dia típico de inverno)

Observa-se que o uso de proteções solares externas em conjunto às demais estratégias (Situação 4), para o dia típico de verão, reduz significativamente os ganhos pelas janelas das fachadas norte e sul.

No caso da situação 3, observa-se que há uma maior redução dos ganhos pelas superfícies opacas verticais e cobertura, devido à menor absortância solar dos fechamentos em relação a Situação 1,

transferindo a entrada dos ganhos térmicos para as janelas, justificando-se na Situação 4, mais uma vez, a importância das proteções solares.

No inverno, embora no dia de análise, as aletas do brise estejam abertas, elas fazem um sombreamento parcial, que é considerado eficiente, apenas com o uso das demais estratégias passivas juntas (Situação 4). A proteção solar isoladamente diminui os ganhos de calor pelas aberturas da edificação, prejudicando o balanço térmico para o período de análise.

Observa-se também, que no geral, o balanço térmico ocorrido pelas janelas no inverno, apresenta valores negativos nas Situações 3 e 4, porém, como a edificação precisa estar adaptada aos impactos do clima no inverno e verão, a situação mais benéfica é a Situação 4. Da mesma forma, que podem ocorrer momentos em que no inverno haja necessidade de controle dos brises e que o controle deve ser feito pelo usuário e seu comportamento em relação ao conforto térmico na edificação.

5. CONCLUSÕES

Avaliada a influência de proteções solares externas em edificações comerciais na ZB2, observou-se a sua eficiência no período de verão, reduzindo significativamente os ganhos de calor. No inverno, o uso da proteção solar, acarreta em perdas de calor da edificação para o meio, que não chegam a ser significativas. A medida que é analisado o balanço térmico entre verão e inverno, o uso destes elementos é bastante positivo.

Quando as proteções solares externas são utilizadas em conjunto a outras soluções passivas para redução do consumo energético, percebe-se que no verão, os ganhos de calor são reduzidos para mais que a metade da situação real de uso, porém, quando as soluções de projeto são utilizadas isoladamente, os ganhos de calor na edificação não reduzem significativamente.

No inverno, quando utilizadas as soluções de projeto sem as proteções solares, os ganhos de calor acabam reduzindo-se bastante em relação a situação real da edificação, o que não é desejado no período. E, quando aliadas aos brises, há um certo equilíbrio com a situação inicial, mostrando-se assim, eficientes.

Deve-se considerar também, que o projeto apresenta boas soluções para cobertura e paredes e para as janelas com películas, estas últimas já refletindo parte do calor. E que o comportamento do usuário é muito relevante para o processo.

Em trabalhos futuros, prevê-se avaliar o consumo energético de edificações comerciais utilizando-se diferentes tipos de proteções solares externas e a aplicação destes elementos em diferentes orientações de fachadas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220-3 –** Desempenho térmico de edificações - Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Rio de Janeiro, 2005. 23p.

FLORES, M. G. **Geração da base climática de Santa Maria - RS – Para Análise de Desempenho Térmico e Eficiência Energética de Edificações**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Preservação Ambiental). Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2014.

GALVINFO CENTER. **Understanding Coating Weight Designations for Zinc-Based Coatings on Steel Sheet.** Metallic-Coated Products and Specifications. Galvinfonote 1-1. Rev. 2.2. abr. 2014

NAKAMURA, N. K.; MACIEL, L. F.; CARLO, J. C. Influência das proteções solares externas somadas a alternativas para redução do consumo energético em edificações comerciais na ZB2. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2018. **Anais**... Foz do Iguaçu: ANTAC, 2018.

POUEY, J. A.; **Projeto de Edificação Residencial Unifamiliar para a Zona Bioclimática 2 com Avaliação Termo Energética por Simulação Computacional.** 2011. 137 p. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) – Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS, 2011.

SOUZA, R. V. G. de; PEREIRA, I. M. Proteção solar em edificações residenciais e comerciais - desenvolvimento de metodologia. **In:** XII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído – Entac. Fortaleza, 2008.

TONDO, G. H.; **Influência das estratégias bioclimáticas no desempenho térmico em edifícios escolares.** 2017. 199 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade do Estado de Santa Catarina, Joinville, SC, 2017.