

**IONI DONINI MEDEIROS**

**O BRISE-SOLEIL NA ZONA BIOCLIMÁTICA 3 SOB  
AVALIAÇÃO DOS REQUISITOS TÉCNICOS DA QUALIDADE PARA O  
NÍVEL DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE EDIFÍCIOS COMERCIAIS,  
DE SERVIÇOS E PÚBLICOS (RTQ-C)**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Arquitetura e Urbanismo (área do conhecimento: qualidade e tecnologia do ambiente construído).

Orientador: Antonio César Silveira Baptista da Silva

Pelotas, 2012

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação:  
Bibliotecária Daiane Schramm – CRB-10/1881**

M488b Medeiros, Ioni Donini

O brise-soleil na zona bioclimática 3 sob avaliação dos requisitos da qualidade para o nível de eficiência energética de edifícios comerciais, de serviços e públicos (RQT-C) / Ioni Donini Medeiros; Orientador: Antonio César Silveira Baptista da Silva. – Pelotas, 2012.

121f.

Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo-PROGRAU. Universidade Federal de Pelotas.

1. Eficiência energética. 2. RTQ-C. 3. Brise-soleil. I. Silva, Antonio César Silveira Baptista da; orient. II. Título.

CDD 720

**Banca examinadora:**

**Eduardo Grala da Cunha (UFPel)**

Doutor pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

**Celina Maria Brito Corrêa (UFPel)**

Doutora pela Universidade Politécnica de Madrid, Espanha

**Fernando Simon Westphal (UFSC)**

Doutor pela Universidade Federal de Santa Catarina

## **AGRADECIMENTOS**

Aos meus pais pela oportunidade e apoio em todas as etapas da minha formação.

Às minhas filhas queridas, Carolina e Rafaela, que são a minha grande motivação de vencer e que iluminam minha vida, dando-me forças para seguir em frente e batalhar por um futuro melhor.

Ao William, pela companhia, pelo carinho, o incentivo e a colaboração inestimáveis ao longo desta minha caminhada.

Ao meu orientador, Professor Dr. Antonio Cesar, pela acolhida, a confiança e a dedicação durante esta pesquisa, fundamentais meu crescimento pessoal e profissional.

Ao Professor Dr. Eduardo e ao colega Liader pelas discussões produtivas e salutar troca de informações.

Aos colegas do LABCEE-UFPel pela convivência e colaboração ao longo deste trabalho, em especial ao David Martins pela ajuda fundamental.

Aos colegas de aulas e professores do PROGRAU, pela troca de informações e estímulo a pesquisa.

Às minhas grandes amigas Marta e Norma, que sempre me deram apoio, me ouviram nas horas mais difíceis da minha caminhada, dando-me coragem para prosseguir.

Às amigas mantidas e outras iniciadas.

## RESUMO

MEDEIROS, I. D. **O Brise-soleil na Zona Bioclimática 3 sob Avaliação dos Requisitos Técnicos da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C).** 2012. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) – Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo, UFPel, Pelotas.

O presente trabalho avaliou a sensibilidade do método prescritivo do RTQ-C à utilização de *brise-soleil*, em comparação com o método de simulação, na classificação Nível de Eficiência Energética (EE) de um edifício representativo de escritórios, inserido na zona bioclimática 3, para a cidade de Porto Alegre - RS. O processo consistiu, resumidamente, em confrontar estes dois métodos comparando o nível de EE e o consumo de energia de modelos sem e com *brise-soleil*, onde variou-se a orientação das maiores fachadas. Os resultados comparados foram obtidos através de simulação computacional, utilizando o programa Design Builder. Os modelos receberam *brises* de modo que alcançassem Etiqueta nível “A” da envoltória, ora pelo método de simulação, ora pelo método prescritivo, sendo sempre cada modelo avaliado por ambos os métodos. Em nenhum dos casos houve coincidência do nível de eficiência energética obtido pelos diferentes métodos. *Envoltórias* que obtiveram Nível “A” por simulação, não a obtiveram pelo prescritivo e *envoltórias* que obtiveram Nível “A” pelo prescritivo, não a obtiveram por simulação. A maior divergência, no entanto, foi quanto aos valores de consumo de energia do ar condicionado dos modelos que obtiveram Nível EE “A” por um ou outro método. Os modelos que obtiveram Nível “A” por simulação nas orientações Norte/Sul e Leste/Oeste geraram, respectivamente, uma economia de energia de 44% e 47% com relação aos modelos sem *brise*. Já os modelos que obtiveram Nível “A” pelo método prescritivo nas orientações Norte/Sul e Leste/Oeste geraram, respectivamente, uma economia de energia de 34% e 37% com relação aos modelos sem *brise*. Atribuiu-se esta diferença à desconsideração da orientação solar na avaliação pelo método prescritivo, que apresenta vantagens quanto à facilidade de aplicação e respostas positivas à utilização dos *brises*, mas perde ao não detectar uma maior economia de energia do edifício.

Palavra chave: eficiência energética, RTQ-C, *brise-soleil*

## ABSTRACT

MEDEIROS, I.D. **The *brise-soleil* in the bioclimatic zone 3 under evaluation of the Technical Quality Regulation on Energy Efficiency for Commercial, Service and Government Buildings (RTQ-C). 2012.** Dissertação (Mestrado em Arquitetura) – Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo, UFPel, Pelotas.

The present work evaluated the sensitivity of the RTQ-C prescriptive method to the use of *brise-soleil* compared with the simulation method in the category energy efficiency (EE) for a representative building of offices belonging to the bioclimatic zone 3, in the city of Porto Alegre - RS. Briefly describing, the process consisted in contrasting these two methods by comparing the level of EE and energy consumption of models with and without the *brise-soleil*, in which the orientation of the longest facades was varied. The results compared were obtained by computer simulation using the program Design Builder. The models were shaded with *brises* so as to reach envelope label "A", sometimes by the simulation method, others by the prescriptive one. Each model was always assessed by both methods. In no case there was agreement on the level of energy efficiency obtained by the different methods. Envelopes that had Level "A" by simulation did not obtain it by the prescriptive method; envelopes that had Level "A" by the prescriptive method did not obtain it when by simulation. The greatest difference, however, was concerning the energy consumption values of the air conditioner in the models that had EE Level "A" by either method. The models that had level "A" by simulation in the orientations North/South and East/ West generated, respectively, an energy savings of 44% and 47% comparing to the models without *brise*. On the other hand, the models obtaining Level "A" by the prescriptive method in the orientations North/South and East/West generated, respectively, an energy savings of 34% and 37% with respect to the models without *brise*. This difference was attributed to the disregard of solar orientation in the evaluation by the prescriptive method, which has advantages regarding the ease of application and positive responses to the use of *brises*, but also disadvantages by not detecting a higher energy savings of the building.

Key words: energy efficiency, RTQ-C, *brise-soleil*

## Lista de abreviatura e siglas

Acob	Área de cobertura	m <sup>2</sup>
Aenv	Área do envoltório	m <sup>2</sup>
AHS	Ângulo Horizontal de Sombreamento	graus
AVS	Ângulo Vertical de Sombreamento	graus
Aproj	Área de projeção	m <sup>2</sup>
Atot	Área total de piso	m <sup>2</sup>
FA	Fator altura	-
FF	Fator forma	-
FS	Fator solar	-
IC	Indicador de consumo	-
PAF	Percentual de abertura na fachada	%
PAFt	Percentual de abertura na fachada total	%
PAFo	Percentual de abertura na fachada Oeste	%
U	Transmitância térmica	W/(m <sup>2</sup> K)
Ucob	Transmitância térmica da cobertura	W/(m <sup>2</sup> K)

## Entidades e programas

ABNT	Associação de Normas Técnicas
ASHRAE	American Society of Heating Refrigerating and Air-Conditioning Engineers
ENCE	Etiqueta Nacional de Conservação de Energia
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Normatização e Qualidade Industrial
LabEEE	Laboratório de Eficiência Energética de Edificações da Universidade Federal de Santa Catarina
NBR	Norma Brasileira
RTQ-C	Requisito Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos

## Lista de Figuras

Figura 1 Mapa do Zoneamento Bioclimático Brasileiro. ....	24
Figura 2 Composição do consumo de eletricidade no Brasil.....	27
Figura 3 Balanço energético entre o sol e a Terra. ....	30
Figura 4 Lei do Cosseno .....	31
Figura 5 Detalhe do brise-soleil do edifício do Ministério da Educação. ....	34
Figura 6 Ministério de Educação e Saúde Pública .....	34
Figura 7 Edifício Copan, São Paulo, 1951-57, de Oscar Niemeyer.....	35
Figura 8 Edifício no Parque Guinle, Rio de Janeiro, 1954, de Lúcio Costa .....	36
Figura 9 As tipologias de brise e as máscaras de sombra.....	39
Figura 10-Ângulos verticais (frontais e laterais) e ângulos horizontais .....	40
Figura 11-Prateleira de luz .....	47
Figura 12 Posições da terra num ciclo anual.....	49
Figura 13 Carta solar para orientação NS, latitude 30° .....	50
Figura 14 Equação do tempo .....	51
Figura 15 Horário de insolação para orientação SO, latitude 30°.....	52
Figura 16 Máscaras de sombra .....	53
Figura 17 Modelo de ENCE para edificações.....	58
Figura 18 Modelo NS- pavimento tipo escritórios .....	70
Figura 19 Modelo LO - pavimento tipo escritórios .....	70
Figura 20 Perspectiva do volume do modelo base NS.....	71
Figura 21 Perspectiva do volume do modelo base LO.....	71
Figura 22 Tela de apresentação do programa WebPrescritivo. ....	76
Figura 23 Carta solar e temperaturas anuais para fachada Norte.....	77
Figura 24 Carta solar e temperaturas anuais para fachada Leste.....	77

Figura 25 Carta solar e temperaturas anuais para a fachada Sul .....	78
Figura 26 Carta solar e temperaturas anuais para fachada Oeste.....	78
Figura 27 Modelo base com brises em 3D.....	79
Figura 28 A avaliação do modelo base (NS e LO) pelo programa WebPrescritivo. ..	82
Figura 29 Máscara de sombras para fachada Norte .....	84
Figura 30 Máscara de sombras para fachada Leste .....	85
Figura 31 Máscara de sombras para a fachada Sul.....	85
Figura 32 Máscara de sombras para a fachada Oeste .....	86
Figura 33 Projeto de brise fachada Oeste .....	87
Figura 34 Projeto de brise fachada Norte.....	87
Figura 35 Projeto de brise fachada Leste.....	88
Figura 36 Projeto de brise fachada Sul .....	88
Figura 37 Perspectiva do volume - fachadas Norte/Oeste .....	89
Figura 38 Perspectiva do volume - fachadas Leste/Sul .....	89
Figura 39 Perspectiva do volume - fachadas Norte/Oeste .....	90
Figura 40 Perspectiva do volume - fachadas Sul/Leste .....	90
Figura 41 Penetração do sol nos meses de (a) fevereiro e (b) julho – 9h .....	91
Figura 42 Penetração do sol nos meses de (a) fevereiro e (b) julho – 12h .....	91
Figura 43 Penetração do sol nos meses de (a) fevereiro e (b) julho – 15h .....	91
Figura 44 Balanço térmico modelo NS-BS1 .....	92
Figura 45 Balanço térmico modelo LO-BS1 .....	93
Figura 46 NS BS2 2ª opção -fachadas Norte e Leste .....	94
Figura 47 NS BS3 3ª opção -fachadas Norte e Leste .....	94
Figura 48 NS BS4 4ª opção -fachadas Norte e Leste .....	94
Figura 49 Balanço térmico do modelo NS-BS4 .....	95
Figura 50 Avaliação do modelo “NS-BS4” pelo método prescritivo.....	96

Figura 51 Avaliação do modelo “LO-BS1” pelo método prescritivo.....	97
Figura 52 Simulação combinação 1 .....	98
Figura 53 Simulação combinação 2 .....	99
Figura 54 Simulação combinação 3 .....	99
Figura 55 - Simulação combinação 4 .....	100
Figura 56 Perspectiva do volume fachada Norte/Oeste do modelo NS-BP1 .....	102
Figura 57 Perspectiva do volume fachada Sul/Leste do modelo NS-BP1 .....	102
Figura 58 Perspectiva do volume fachada Norte/Leste do modelo LO-BP1 .....	103
Figura 59 Perspectiva do volume fachada Oeste/Sul do modelo LO-BP1 .....	103
Figura 60 Perspectiva do volume fachada Norte/Leste do modelo NS-BP2 .....	104
Figura 61 Perspectiva do volume fachada Oeste/Sul do modelo LO-BP2 .....	104
Figura 62 Perspectiva do volume fachada Norte/Leste do modelo LO-BP2 .....	105
Figura 63 Perspectiva do volume fachada Oeste/Sul do modelo LO-BP2 .....	105
Figura 64 Perspectiva do volume fachada Norte/Leste do modelo NS-BP3 .....	106
Figura 65 Perspectiva do volume fachada Oeste/Sul do modelo NS-BP3.....	106
Figura 66 Análise de consumo em função do PAFt .....	109
Figura 67 Consumo anual de energia dos modelos (kWh) .....	111

## Lista de tabelas

Tabela 1 Redução de ganhos de calor sobre as superfícies.....	37
Tabela 2 Valores de coeficientes de absorção da radiação solar .....	45
Tabela 3 Combinações de métodos de avaliação.....	56
Tabela 4 Equivalente numérico para cada nível de eficiência (EqNum) .....	57
Tabela 5 Classificação geral de pontos para etiquetagem.....	58
Tabela 6 Parâmetros do modelo-base .....	68
Tabela 7 Características do Modelo-base.....	69
Tabela 8 Valores adotados para modelos de referência .....	73
Tabela 9 Valores de DPI – adotados para os modelos de referência .....	74
Tabela 10 Valores de COP - adotados para os modelos de referência .....	74
Tabela 11 Consumo energético para os modelos de referência .....	83
Tabela 12 Consumo anual dos modelos e nível de eficiência por simulação .....	83
Tabela 13 Configuração dos brises projetados .....	86
Tabela 14 Consumo simulado dos modelos NS BS1 e LO BS1 .....	92
Tabela 15 Simulação de alternativas para Brise NS .....	95
Tabela 16 Especificação dos ângulos AHS e AVS dos brises- .....	101
Tabela 17 Avaliação por simulação dos modelos. ....	107
Tabela 18 Consumo de Energia Anual para modelos com PAft 47,5% .....	108
Tabela 19 Resultado comparativo da simulação e prescritivo .....	108
Tabela 20 Modelos estudados e avaliação geral do Nível EE .....	110

## Sumário

1 INTRODUÇÃO .....	14
1.1 Considerações iniciais.....	14
1.2 Motivação e justificativa.....	19
1.3 Objetivos .....	21
1.4 Estrutura da dissertação.....	22
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E METODOLÓGICA .....	23
2.1 Conforto e eficiência.....	23
2.1.1 Aspectos Gerais .....	23
2.1.2 Conforto térmico .....	25
2.1.3 Eficiência energética .....	26
2.1.4 Radiação e meios de controle .....	28
2.2 Brise-soleil.....	32
2.2.1 Tipos de brise .....	38
2.2.2 Desempenho e eficiência dos brises .....	42
2.2.3 As cartas solares e a geometria da insolação .....	48
2.3 Normatização .....	54
2.3.1 Método Prescritivo.....	59
2.3.2 Método de simulação .....	62
2.3.3 Limitações do RTQ na avaliação da envoltória .....	63
3 METODOS.....	66
3.1 Definição do modelo-base.....	66
3.1.1 Nomenclatura adotada para os modelos estudados .....	72
3.2 Avaliação do desempenho do modelo-base conforme o RTQ-C .....	72
3.2.1 Método de simulação .....	72

3.2.2 Método prescritivo .....	74
3.3 Projeto de <i>brises</i> eficientes para os modelos-base .....	76
3.4 Avaliação dos modelos com <i>brises</i> pelo método prescritivo. ....	79
3.5 Projeto de <i>brises</i> para o modelo base a partir do método prescritivo.....	80
3.6 Avaliação por simulação dos <i>brises</i> obtidos pelo método prescritivo .....	80
3.7 Avaliação do modelo-base com menor PAFt .....	80
3.8 Análise comparativa de Eficiência Energética dos modelos estudados .....	81
4 ANÁLISE DOS RESULTADOS .....	82
4.1 Avaliação do modelo-base método prescritivo .....	82
4.2 Avaliação do modelo base pelo método de simulação.....	83
4.3 Projeto de brise para o modelo base.....	84
4.4 Projeto de modelos eficientes obtidos pelo método prescritivo .....	98
4.5 Modelo com redução de PAFt.....	107
4.6 Análise comparativa dos modelos pelo método de simulação e prescritivo. ....	110
5 CONCLUSÕES .....	113
REFERÊNCIAS.....	117

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 Considerações iniciais

No início do século XX começam no Brasil estudos que se preocupavam com a insolação nas edificações, adaptando a arquitetura às condições tecnológicas e aos novos materiais como o vidro, o concreto e o aço.

Surge a Arquitetura Moderna, que traz consigo a racionalidade ao processo de criação. Introduce o vidro nas fachadas em grande escala, hermeticamente fechadas, isoladas do ruído e da poluição das cidades. Sem o uso de materiais adequados, ocorre a perda de inércia térmica, provocada pela redução das paredes ou de sua espessura nas fachadas leves e transparentes, dissociada das condições climáticas locais, causando o superaquecimento e alterando sensivelmente a relação entre o ambiente e o clima. A envolvente do edifício tende a possuir uma homogeneização formal.

Estes fatos conduziram ao esquecimento das técnicas que podem ser aplicadas à diferentes soluções baseadas na análise de cada projeto: ventilação por diferença de densidade entre o ar exterior e interior (entradas baixas e saídas altas); ventilação por diferença de pressão do ar das paredes opostas externas (entrada e saída opostas). O condicionamento térmico passa a ser controlado artificialmente pelas técnicas de climatização, porém, as perdas e ganhos de calor excessivo levam a um alto consumo energético.

Para o desempenho satisfatório de uma edificação em termos energéticos faz-se necessária a avaliação, por parte do projetista, das condições climáticas do local e da utilização de métodos naturais de controle ambiental.

Há muito tempo que o homem protege suas construções dos raios solares. Já na época do Brasil colônia com o uso de postigos, sacadas e varandas e, depois, pela influência árabe, o uso do *muxarabi*<sup>1</sup>, *gelósias*<sup>2</sup>.

A partir de 1930, foi incorporado a Arquitetura Brasileira, um importante recurso natural de sombreamento de fachadas - o *brise-soleil*.

Le Corbusier, em 1933, criou o *Brise-Soleil* – para a cidade de Argel, no norte da África onde a disposição dos *brises* nas fachadas alternou ritmos com espaçamentos diferentes na Torre de Argel.

O *Brise-soleil* pode ser definido como elemento arquitetônico que protege as superfícies dos edifícios da incidência direta da radiação solar, possibilitando o controle da radiação direta. Esse elemento foi introduzido na arquitetura moderna com uma expressão formal marcante. No Brasil, foi chamado de “*Brise*” e passou a caracterizar as obras realizadas entre os anos 1930 e 1960.

Maragno (2000, p.2), explica que “Le Corbusier deparou-se com a contradição entre a desejável visibilidade da paisagem do exterior do edifício e a necessidade de controle da radiação solar”.

Nessa época, surgiu o movimento da arquitetura moderna brasileira - Escola Carioca, que passou a preocupar-se com a adequação da edificação ao clima, dando ênfase ao controle ambiental natural, introduzindo elementos de proteção solar nos projetos desse período, que buscavam o condicionamento passivo, preocupados com as altas temperaturas de um país tropical. Os projetos foram concentrados inicialmente na cidade do Rio de Janeiro, onde as temperaturas no verão são muito elevadas e os invernos amenos com problemas de excesso de insolação nas fachadas, buscando o condicionamento interno através de soluções de projeto. A partir daí, a arquitetura da Escola Carioca evoluiu e se proliferou em uma vasta produção.

No Brasil, os *brises* foram utilizados inicialmente no Projeto da Associação Brasileira de Imprensa (ABI) dos Irmãos Roberto (1936-1938), na Obra do Berço de Oscar Niemeyer, em 1937 e no Ministério da Educação e Saúde - um verdadeiro “divisor de águas” da arquitetura brasileira, projetado por Afonso Eduardo Reidy,

---

<sup>1</sup> Um tipo de balcão em balanço nas fachadas

<sup>2</sup> Treliçado de madeira que protege o interior dos ambientes

Carlos Leão, Ernani Vasconcellos, Jorge Moreira e Oscar Niemeyer, com coordenação de Lúcio Costa e consultoria de Le Corbusier, em 1936 e concluído em 1945.

Neste período, ocorre a disseminação do uso de *brises* com o desconhecimento de suas vantagens e a falta de domínio das ferramentas de projeto para a sua correta aplicação e dimensionamento. Sem o desenvolvimento de tecnologias de controle dos dispositivos, as questões de conforto foram comprometidas, criando algumas experiências mal sucedidas. Tornou-se assim, criticado pelo próprio movimento moderno, ao considerar que muitas vezes o *brise* era utilizado somente por questões estéticas, buscando apenas o enriquecimento plástico da edificação.

Com a construção da nova capital Brasília, a sua arquitetura passou a influenciar a produção arquitetônica de todo o país, contribuindo para o início de outra fase, na qual alguns valores ambientais foram abandonados, e o uso de *brises* praticamente esquecido numa proposta de simplificação. Surge então um novo modelo de arquitetura, indiferente às condições climáticas. A Arquitetura Brasileira passa a ter um estilo internacional, pois se parece muito com os prismas acristalados de Mies Van der Rohe.

Essa situação perdurou no Brasil até a década de 70, quando os países produtores de petróleo resolveram aumentar o preço do barril em 70%. Nessa época, houve o despertar para a economia energética e o controle dos recursos naturais. O condicionamento ambiental artificial passou a ter um custo elevado, comprometendo os recursos econômicos e ambientais. Surge então o resgate das técnicas bioclimáticas e a busca da eficiência energética, reduzindo os custos com a manutenção do edifício.

Porém, o desconhecimento técnico de alguns profissionais levou, por muito tempo, os arquitetos a absterem-se da utilização de *brises*. Um elemento de proteção mal projetado pode ocasionar sérios problemas de desconforto na edificação, como a falta de eficiência no bloqueio da radiação solar, a redução da iluminação interna, da ventilação e da visão. Paralelamente à proteção solar, o *brise* deve possibilitar a iluminação natural adequada e possibilitar a ventilação, mantendo o ângulo de visão interior-exterior. Os *brises* devem estar integrados na composição

formal da edificação, podendo ter destaque compositivo e valorizando o edifício, reduzindo os ganhos térmicos.

Segundo Bittencourt (1988), a solução correta de um *brise* é fruto da combinação adequada dos seguintes fatores: eficiência ambiental, plasticidade, privacidade, luminosidade, visibilidade, ventilação, durabilidade, custos de implantação e manutenção.

A qualificação dos projetos, no que se refere à eficiência energética, vem valorizando o conhecimento técnico de medidas eficientes de economia. Este fato favorece o investimento e o desenvolvimento de pesquisas nesta área. Nos edifícios comerciais, os gastos de energia se devem, principalmente, a ganhos pela envoltória da edificação associado a equipamentos, iluminação e ar condicionado. Neste caso, uma envoltória eficiente reduzirá o consumo de energia para a manutenção das condições de conforto estabelecidas (CARLO, 2008).

A utilização correta de *brises* nas fachadas de um edifício possibilita a redução da radiação direta sobre o fechamento transparente da edificação, em função do sombreamento que pode proporcionar redução da carga térmica nos pontos considerados mais vulneráveis - as superfícies transparentes ou translúcidas e as aberturas.

Em um estudo realizado para edifícios de escritórios, em Florianópolis-SC, onde analisou as variáveis construtivas, aplicando o método prescritivo do RTQ-C, Fossati e Lamberts (2010) concluíram que as proteções solares apareceram como o segundo fator de maior influência na eficiência energética da envoltória, e que quanto mais sombreadas forem as aberturas, maior o nível de eficiência atingido. O fator que apareceu em primeiro lugar, atingindo os melhores resultados de indicador de consumo (IC), foi o percentual de abertura nas janelas.

Rodrigues, Dias e Pedrini (2011) concluíram no estudo da eficiência energética de grandes aberturas sombreadas em clima quente úmido, que o método prescritivo do regulamento de eficiência energética penaliza grandes aberturas ainda que sombreadas, não estimulando o sombreamento como medida de eficiência energética. A simples aplicação de ângulos AHS e AVS nas equações pode gerar incertezas, pois a mesma solução de proteção solar, dependendo da orientação da fachada produziu resultados diferentes, registrando diferenças de consumo do ar

condicionado de até 25% no modelo estudados para o resfriamento do ar, estimando que diferenças maiores podem existir.

No Brasil, em função do tamanho do seu território, existem oito zonas bioclimáticas definidas de acordo com a Norma Brasileira 15220 (ABNT, 2005). Este zoneamento selecionou 330 cidades divididas em oito grupos, por climas homogêneos, analisados pelas variáveis climáticas, temperaturas e umidade do ar. Existem zonas que possuem estações de verão e inverno bem definidas, como a região sul do Brasil. Para estas, as estratégias bioclimáticas devem incluir o sombreamento no verão, nos horários de radiação intensa e permitir a insolação no inverno, sendo este um grande desafio para a arquitetura bioclimática e para o desempenho dos *brises*.

Essas estratégias visam minimizar os desperdícios com o consumo demasiado de energia elétrica, utilizando materiais e tecnologias apropriadas para cada clima, proporcionando melhores condições de conforto para os usuários, com baixo custo principalmente no setor comercial onde a maioria dos edifícios são condicionados artificialmente.

O incremento gradativo dos consumidores comerciais, com os novos shoppings, lojas e serviços, vem tornando o setor comercial, de serviços e público muito representativo em percentuais de consumo de energia elétrica no país (EPE, 2012). As perspectivas de crescimento do consumo vem apontando no sentido da necessidade de uma nova postura do ponto de vista da eficiência energética dos projetos e manutenções destas construções. Esta situação fez com que o governo brasileiro adotasse medidas que estimulassem a economia e aumentassem a eficiência energética através da certificação destas edificações em relação ao seu desempenho.

Com o desenvolvimento dos Requisitos Técnicos da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C), (portaria INMETRO nº 372, de 17 de setembro de 2010 e portaria INMETRO nº 17 de 16 de janeiro de 2012) e Requisitos de Avaliação da Conformidade para Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos – RAC, (portaria INMETRO nº 395, de 11 de outubro de 2010), surgiram os quesitos para o processo de avaliação das características do edifício para etiquetagem, através de método prescritivo ou simulação computacional, possibilitando avaliação do edifício

ainda na fase de projeto. A avaliação se refere a três sistemas: envoltória, iluminação e condicionamento de ar, podendo ser obtida através de uma etiqueta parcial ou total.

A existência de *brise* na envoltória da edificação pode qualificar o edifício para a etiquetagem de eficiência energética. Porém, na classificação pelo método prescritivo, são consideradas as médias do Ângulo Horizontal de Sombreamento (AHS) e do Ângulo Vertical de Sombreamento (AVS) dos *brises*, sem considerar a orientação da fachada que está sendo protegida e o percentual de abertura de cada fachada individualmente, mas sim o Percentual de Área de Abertura na Fachada total ( $PAF_T$ ), calculado pela razão entre a soma das áreas de abertura envidraçada, ou com fechamento transparente ou translúcido, de cada fachada e a área total de fachada da edificação.

Exceção quando o Percentual de Área de Abertura na Fachada oeste ( $PAF_O$ ) for pelo menos 20% maior que o  $PAF_T$  Todavia, esta forma de classificação pode acarretar equívocos na avaliação.

Considerando-se que estudos realizados no Brasil, por autores como Maragno (2000), Weber (2005), Atem e Basso (2005), vêm constatando que cerca de 30% dos *brises* existentes nos edifícios possuem eficiência nula ou não são necessários, observa-se que a simples presença de *brise* na envoltória de uma edificação não assegura a eficiência na redução de ganhos térmicos.

Estas prévias considerações motivam um estudo de avaliação do uso destes protetores em fachadas, no que tange ao seu desempenho no consumo energético provocado pela envoltória do prédio quando bem ou mal projetados e a sua influência na classificação do Nível de Eficiência Energética da edificação com a obtenção da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia - ENCE.

## **1.2 Motivação e justificativa**

O crescente consumo de energia elétrica no Brasil, com destaque para o uso comercial, direciona este estudo para a avaliação do desempenho energético de edifícios comerciais, onde, na maioria das vezes os maiores ganhos de calor são ocasionados por radiação solar direta nos planos transparentes da envoltória. O

aumento da carga térmica destes edifícios incide diretamente no consumo de energia do sistema de ar condicionado.

Entre as características predominantes da envoltória dos edifícios comerciais, encontra-se a utilização de grandes áreas de abertura de fachadas com uso de fechamentos transparentes e essa tipologia é responsável por um consumo de energia elevado para o condicionamento térmico dos ambientes (CORNETET, 2009).

No Brasil, os cuidados com os ganhos de calor principalmente pela envoltória significam a redução de gastos com condicionamento de ar, considerando-se que em edifícios de escritórios também existe a geração de alta carga térmica por pessoas, equipamentos e iluminação artificial. Segundo Marcondes (2011) a carga térmica interna, o clima externo, o projeto arquitetônico e as condições aceitáveis de conforto térmico são os principais parâmetros a influenciar o desempenho térmico e a eficiência energética dos edifícios de escritórios.

O sombreamento das fachadas através do uso de *brises* poderá reduzir os ganhos com radiação solar externa, adaptando a edificação ao clima e reduzindo os gastos com condicionamento para manter-se as condições de conforto interno. O desempenho dos *brises* depende de projetos adequados com a utilização das ferramentas disponíveis, em que devem ser considerados os dados de orientação solar, sombreamento desejado, configuração do modelo e do dispositivo e a zona bioclimática onde o edifício está inserido.

A utilização de *brises* em fachadas de edifícios é avaliada no Nível de Eficiência Energética de acordo com o RTQ-C de duas formas: através do método prescritivo ou método de simulação.

O método prescritivo não considera a orientação solar das fachadas do edifício onde os *brises* estão inseridos, trabalha com a média dos ângulos AHS e AVS dos dispositivos e limita esta média em até 45°, sendo que para algumas zonas ele é ainda mais restritivo e limita-se em 25° o ângulo médio admissível. Este fato indica algumas distorções na avaliação do desempenho energético de edifícios com *brises* pelo método prescritivo, segundo Santos e Souza (2012,p. 227), que estudaram edifícios com área de projeção maior que 500 m<sup>2</sup>, localizados na zona

bioclimática 3, onde puderam evidenciar a necessidade de se considerar a geometria e a orientação solar dos *brises* na avaliação do Indicador de Consumo (IC).

O RTQ-C é bastante recente e algumas dúvidas ainda pairam nas metodologias a serem adotadas. As diferenças entre o método prescritivo e de simulação estão sendo avaliadas à medida que o uso se intensifica e os estudos avançam. Os dispositivos de sombreamento, a orientação solar e o percentual de aberturas nas fachadas já foram identificados como sendo alguns dos mais relevantes itens no desempenho termo-energético das edificações comerciais e por isso receberão maior dedicação neste trabalho.

Este estudo irá investigar, utilizando a simulação computacional, o comportamento do método prescritivo na avaliação da envoltória de edifícios de escritórios com a utilização de *brises*, no que tange ao seu desempenho energético, para uma área de projeção menor que 500 m<sup>2</sup> localizados a zona bioclimática 3. Pretende-se que posteriormente outras zonas sejam estudadas para que tenhamos uma abordagem mais ampla do método prescritivo de modo a contribuir com melhorias na avaliação do Indicador de Consumo – IC, buscando maior precisão na Etiqueta de Eficiência Energética pelo Método Prescritivo.

### 1.3 Objetivos

O objetivo geral desta dissertação é verificar a sensibilidade por meio de simulação computacional do método prescritivo do RTQ-C quanto à avaliação de *brises*, no processo de etiquetagem de nível de eficiência energética de edifícios comerciais, públicos e de serviços.

Os objetivos específicos são:

- 1- Definir o modelo representativo de escritórios;
- 2- Avaliar o desempenho do modelo base e obter o Nível de Eficiência Energética (EE) conforme o RTQ-C;
- 3- Projetar *brises* para o caso base de modo que atenda o Nível “A” com base no RTQ-C (pelo método de simulação), para as orientações de maior

fachada Norte/Sul e Leste/Oeste, e submetê-los a avaliação do método prescritivo do RTQ-C, classificando o Nível EE da envoltória;

4- Utilizar o método prescritivo do RTQ-C para projetar *brises* para o caso base de modo que atenda o Nível de EE “A”, para as orientações de maior fachada Norte/Sul e Leste/Oeste e avaliá-los pelo método de simulação, classificando o Nível EE da envoltória;

5- Analisar através de comparação o Nível de EE e o consumo de energia total e do ar condicionado obtidos pelo caso-base e suas variações.

#### **1.4 Estrutura da dissertação**

A presente dissertação está dividida em cinco capítulos: Introdução, Revisão Bibliográfica, Métodos, Desenvolvimento e Análise dos resultados e Conclusões.

Na Introdução apresentam-se o tema desenvolvido, os objetivos geral e específicos propostos, a justificativa e a importância do estudo para o processo de etiquetagem e obtenção de ENCE da envoltória de prédios comerciais de serviços e públicos.

Na Fundamentação Teórica e Metodológica são citados trabalhos desenvolvidos sobre os aspectos da arquitetura e clima do Brasil, conforto ambiental, eficiência ambiental, radiações e meios de controle, com destaque para uso de *brises*, os tipos existentes, seu desempenho e as ferramentas de projeto. Também se discute, como foco, a sensibilidade do método prescritivo para a avaliação de *brises* para análise do nível de EE, de acordo com o RTQ-C.

No terceiro e quarto capítulos são apresentados a Metodologia, o Desenvolvimento e a Análise dos resultados, capítulos nos quais são comparados os modelos de edifício com *brise* e sem *brise* pelos métodos prescritivo e de simulação e, ainda, são analisados os resultados obtidos.

O quinto capítulo apresenta as conclusões do trabalho, salientando as divergências entre os métodos ao avaliar a envoltória da edificação pelo RTQ-C e indicando sugestões.

## **2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E METODOLÓGICA**

### **2.1 Conforto e eficiência**

#### **2.1.1 Aspectos Gerais**

Um dos principais objetivos da arquitetura é proporcionar qualidade do ambiente interno baseada nos princípios de condicionamento natural. Essas idéias devem estar presentes na concepção original e perfeitamente integradas no projeto.

É fundamental que o projetista possua conhecimento do clima onde será inserido o edifício e que esses dados sejam considerados no projeto. As variáveis climáticas que interferem no conforto térmico são: a temperatura, a radiação solar, a umidade do ar, as precipitações e os movimentos do ar.

Observa-se ainda que o clima poderá apresentar características muito diferentes dentro de uma mesma região. Essas variações são chamadas de microclima e precisam ser analisadas através da topografia, vegetação e superfície do solo natural ou construído.

Frota e Schiffer (2000) alertam que uma condição térmica satisfatória da edificação, nem sempre é possível, utilizando apenas recursos naturais. Mas mesmo nas condições climáticas muito severas é possível ainda, buscar recursos que maximizem o desempenho natural, reduzindo a quantidade de calor a ser fornecida ou retirada do ambiente, pelo equipamento de aquecimento ou refrigeração.

No Brasil, de acordo com a NBR 15220 (ABNT, 2005) existem 8 zonas bioclimáticas. O presente estudo foi desenvolvido para zona bioclimática 3, cidade de Porto Alegre, indicada no mapa do Zoneamento Bioclimático na fig.1.

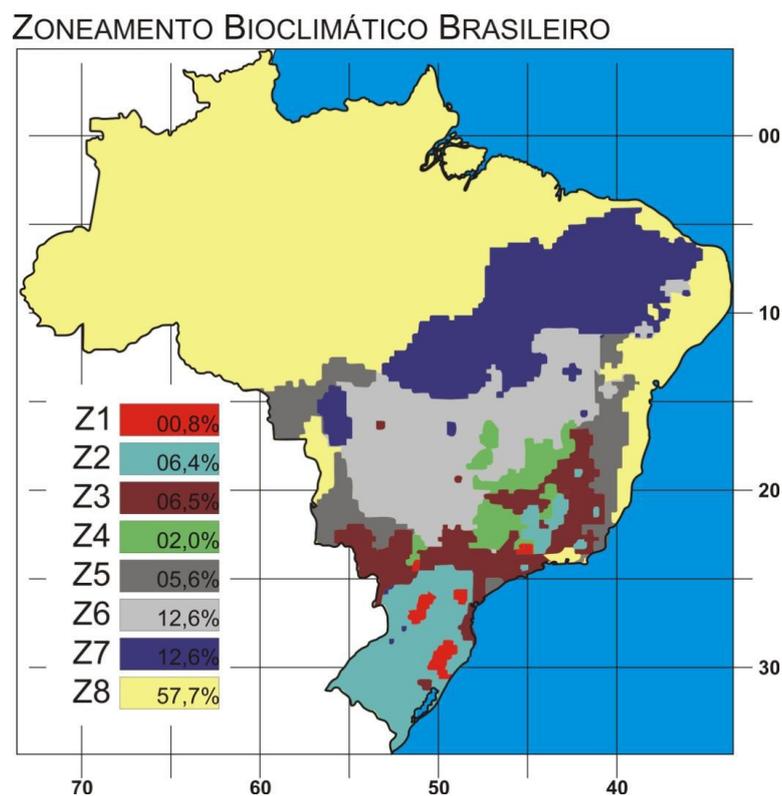


Figura 1 Mapa do Zoneamento Bioclimático Brasileiro.  
Fonte: INMETRO (2010)

A zona bioclimática 3 representa 6,5% do território Brasileiro, possui verão e inverno bem definidos. As construções localizadas nesta zona estão expostas à sazonalidade climática bem definida pelas estações do ano, sendo necessário aquecer durante o inverno e resfriar durante o verão. Como estratégia bioclimática para esta zona é possível utilizar, como referência, aquelas indicadas para habitações de interesse social, NBR 15220 - parte 3 (ABNT, 2005), que baseiam-se, entre outras, na ventilação, no sombreamento das aberturas no verão e a insolação no inverno.

Segundo Pedreira (2010), “o conforto ambiental do espaço arquitetônico está diretamente ligado às condições biológicas do ser humano e como ele interage com o espaço interior de forma natural, sem haver desconforto ou prejuízo da saúde”

Vários fatores influenciam no conforto do homem, trataremos aqui somente do conforto térmico utilizado como parâmetros de avaliação do nível de eficiência energética da envoltória.

### 2.1.2 Conforto térmico

Cada ser vivo tem poderes de adaptação que lhe permitem sobreviver quando algumas variáveis se modificam, mas sempre é possível estabelecer limites ótimos de temperatura, pressão, umidade, luminosidade, nível sonoro, conteúdo de oxigênio e anidrido de carbono, dentro dos quais cada espécie se desenvolve em sua plenitude. (RIVERO,1985, p.10).

O homem é um ser homeotérmico e através do metabolismo é gerado calor interno que provocam trocas térmicas entre o corpo humano e o meio. Essas trocas podem ocorrer por condução, convecção, radiação e evaporação. Quando a temperatura do meio ultrapassa os limites da temperatura de conforto, os mecanismos termorreguladores do organismo são ativados, tentando manter constante a temperatura interna do corpo (LAMBERTS, DUTRA e PEREIRA, 2004).

O calor gerado pelo metabolismo depende da atividade física desenvolvida pelo homem, por isso é importante que o projetista conheça o tipo de atividade a ser desenvolvida no interior da edificação com vistas a projetar estratégias que favoreçam as condições de conforto dos usuários. A qualificação e o sucesso da sua obra é resultado de um conjunto de fatores.

Para Frota e Schiffer (2000) a arquitetura deve oferecer condições térmicas compatíveis com os limites de conforto térmico humano no interior dos edifícios, independente das condições climáticas externas.

A ASHRAE (2003) define conforto térmico como um estado de espírito que reflete a satisfação com o ambiente térmico que envolve a pessoa. O homem está em conforto quando existe o equilíbrio das trocas de calor com o meio, estando a temperatura da pele e suor dentro de certos limites.

A concepção bioclimática de uma edificação pode ser definida como a que utiliza, por meio do projeto, as condições favoráveis do clima com o objetivo de satisfazer às exigências de conforto do homem (OLGYAY A.; OLGAYAY V., 1963). Desta forma, a Arquitetura Bioclimática é uma solução harmônica com a natureza e utiliza as condições ambientais do entorno, a fim de se obter situações de conforto térmico no interior das edificações, com baixo consumo energético.

As condições de conforto dependem de uma série de variáveis. Essas variáveis são:

- a) Variáveis ambientais: a temperatura do ar, a temperatura radiante, umidade relativa e velocidade do ar;
- b) Atividade física: quanto maior for à atividade física exercida maior será o metabolismo;
- c) Vestimenta: a resistência térmica da roupa é de grande importância para a sensação de conforto térmico. Quanto maior a resistência térmica da roupa menor serão as trocas térmicas do corpo com o meio.

Para avaliar o conforto em ambientes não condicionados de permanência prolongada, o RTQ-C (2010) orienta em utilizar ASHRAE Standard 55/2004 ou ISO 7730/2005.

Neste trabalho não há ambientes não condicionados de permanência prolongada em nenhum dos modelos. Os ambientes de permanência prolongada apresentados nos modelos serão condicionados artificialmente, cujo controle do sistema de ar condicionado se dará através de *setpoint*.

Carlo (2008), ao realizar as simulações que deram origem às equações do método prescritivo do RTQ-C, utilizou o *setpoint* de 18°C para aquecimento e 24°C para resfriamento. Os mesmos valores foram adotados por Melo et al.(2011), Zófoli (2011) e recentemente na tese de Melo (2012), “*Desenvolvimento de um método para estimar o consumo de energia de edificações comerciais através da aplicação de redes neurais*” que avaliou a hipótese de utilização de redes neurais em substituição ao método estatístico de regressão linear múltipla que deu origem ao método prescritivo do RTQ-C.

Não divergindo do trabalho original de Carlo (2008), nem de trabalhos recentes como o de Melo (2012) e demais trabalhos que utilizaram o método de simulação do RTQ-C, neste trabalho são adotados os mesmo valores de *setpoint*.

### **2.1.3 Eficiência energética**

É através do envelope do edifício que ocorrem as trocas térmicas entre o meio externo e interno da edificação. Por esse fato a eficiência energética dos edifícios está relacionada com a orientação das fachadas em função do clima, uma vez que a radiação incide de diferentes formas e, se controlada, evita os ganhos indesejados de calor ou permite o aquecimento necessário, minimizando o uso de dispositivos artificiais (LIMA, 2009). O projeto arquitetônico deve definir

cuidadosamente entre outros aspectos a volumetria, a orientação solar, os materiais, as esquadrias e as proteções adequadas.

Lamberts, Dutra e Pereira (2004, p.14) definem eficiência energética em uma edificação como a “obtenção de um serviço com baixo dispêndio de energia”.

Um novo conceito de eficiência energética está sendo adotados por pesquisadores desta área: Eficiência energética é soma da arquitetura bioclimática à eficiência de equipamentos e sistemas.

Baseando-se nesse conceito, é possível dizer que um projeto eficiente para a atividade de escritórios irá depender do sucesso de uma arquitetura que proporcione conforto térmico interno com baixos custos, utilizando materiais adequados e recursos projetuais que permitam controlar e reduzir os ganhos de calor pela envoltória, evitando o alto consumo de energia com ar condicionado, somada aos gastos com iluminação e equipamentos.

Conforme os dados do Relatório do Balanço Energético Nacional- BEN (MME, 2011), a distribuição dos gastos de energia no país tem o maior consumo no setor industrial, seguido por residencial e comercial e público, conforme fig. 2. O setor de maior expectativa de crescimento é o setor comercial com crescimento de mais de 4% em 2011, segundo a Empresa de Pesquisa Energética (EPE, 2012).

### Composição Setorial de Consumo de Eletricidade no Brasil

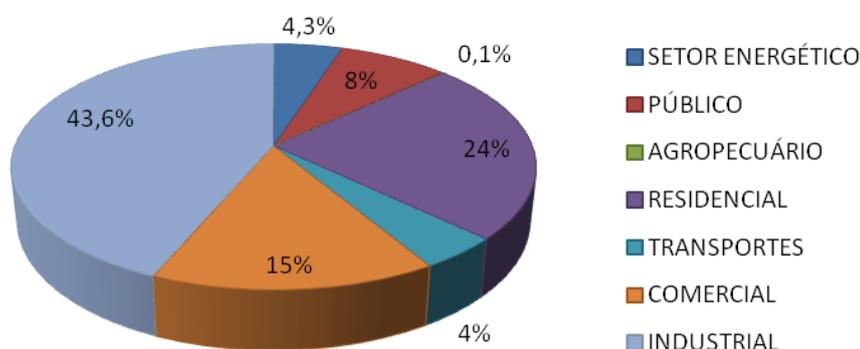


Figura 2 Composição do consumo de eletricidade no Brasil.  
Fonte: BEN (MME, 2012)

A distribuição do consumo de gastos com eletricidade no setor comercial no Brasil divide-se em iluminação artificial, ar condicionado e equipamentos de escritório, sendo que os maiores gastos são com o funcionamento do ar condicionado. Segundo Toledo (1995 apud LAMBERTS; DUTRA E PEREIRA, 2004) consumo com ar condicionado são da ordem de 50% no verão, e chegam a 70% para edifícios envidraçados para cidade de Florianópolis.

Segundo o RTQ-C ao determinar-se o nível de eficiência de uma edificação é necessária a avaliação de três sistemas: iluminação, condicionamento do ar e envoltória. O presente estudo terá o foco na envoltória e seus impactos no consumo de energia do sistema de ar condicionado, sem abordar os demais aspectos.

Segundo Fontenelle e Santos (2011) que analisaram os parâmetros da envoltória no método prescritivo do RTQ-C, relacionando o bioclimatismo com a eficiência energética, o objetivo do regulamento não é estabelecer um consumo máximo de energia elétrica para edifícios com o mesmo uso, mas sim, para cada edifício estimar o consumo mínimo de energia para que apresente um bom funcionamento. Concluindo que o RTQ-C adota o conceito de eficiência relativa à medida que utiliza como referencial para avaliação do nível de eficiência do edifício, um outro edifício com características semelhantes à edificação avaliada, seja com relação ao uso, ao padrão de ocupação, aos equipamentos, à volumetria, ou a outros aspectos.

#### **2.1.4 Radiação solar**

Considerando que as edificações se mantêm expostas as intempéries e em função disso estabelecerão os fluxos de energia térmica que determinarão a necessidade ou não de sistemas de climatização artificial, a exposição à radiação solar, sobretudo dos elementos translúcidos e transparentes, é talvez o elemento climático de maior relevância, em função do comportamento seletivo dos materiais a esta onda eletromagnética.

Radiação solar é a energia emitida pelo sol, através de ondas eletromagnéticas, que se propagam em meio translúcido. O ar é transparente a

todos os comprimentos de ondas. Essas ondas podem ser divididas em três tipos que podem ser denominadas: radiação ultravioleta, visível e infravermelha.

O movimento de translação executado pelo centro de gravidade da terra em torno do sol define um plano elíptico que provoca uma variação na energia solar recebida nos diferentes períodos do ano, ocorrendo a mais intensa no solstício de verão e a menor no solstício de inverno e seu equilíbrio nos equinócios. Esse movimento é realizado com o seu eixo inclinado em torno de  $23,5^\circ$ . Esta inclinação que define a posição dos trópicos permite aos dois hemisférios terrestres (norte e sul) receber quantidades diferentes de radiação solar ao longo do ano, caracterizando as estações do ano. Além disso, a terra possui um movimento em torno do seu eixo polar, movimento de rotação responsável pelos dias e noites.

Solstício é um termo latino que significa “sol parado”, representa a época do ano em que o eixo de rotação da terra está posicionado perpendicular ao plano da elíptica, isso acontece aproximadamente nos dias 22 de dezembro e 22 de junho. Quando está ocorrendo o solstício de inverno no hemisfério sul, para uma determinada cidade e latitude, ocorre o solstício de verão para uma mesma latitude e uma cidade antípoda no hemisfério norte.

Equinócio significa “dias iguais” e ocorre aproximadamente nos dias 21 de março e 21 de setembro. Nestas datas do ano, para qualquer latitude, os dias e as noites serão sempre iguais e terão 12 horas.

A radiação solar é um fator determinante no clima da região e influencia diretamente nas decisões de projeto, orientando fachadas, aberturas, tipos de fechamento e de protetores solares.

Ao penetrar na atmosfera terrestre, a radiação tem sua intensidade reduzida e sua distribuição espectral é alterada em função da absorção, reflexão e difusão dos raios solares (fig.3) pelos diversos componentes do ar como os gases e moléculas (ROMERO, 2000).

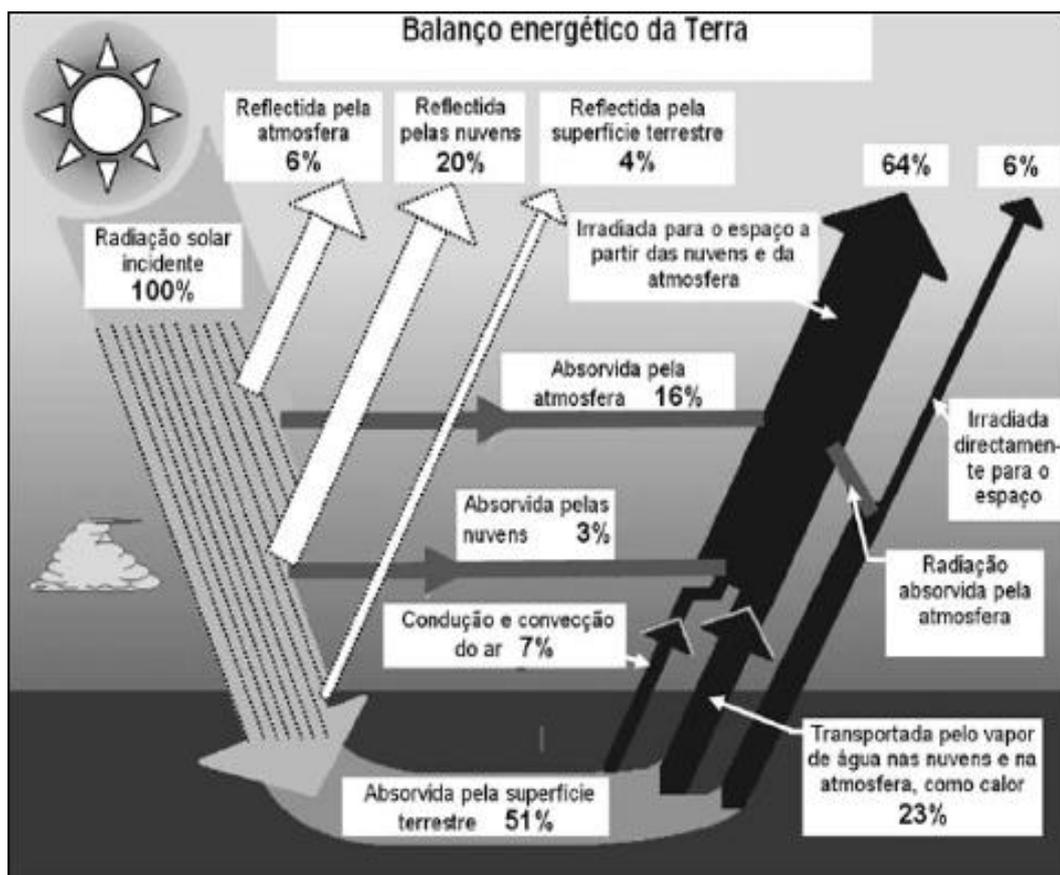


Figura 3 Balanço energético entre o sol e a Terra.  
Disponível em: <http://bi.gave.min-edu.pt/bi/es/967/3905>

A intensidade de radiação que penetra na abóboda celeste poderá variar conforme a nebulosidade local. Nos pontos mais altos, a radiação poderá ser consideravelmente maior que ao nível do mar.

Quando a energia solar incide sobre a terra, ela é absorvida, refletida ou transmitida. Os coeficientes de absorção ( $\alpha$ ), reflexão ( $\rho$ ), e transmissão ( $\tau$ ) correspondem ao quociente da parcela sobre o total da energia incidente.

A soma dos mesmos corresponde ao total dessa energia (eq. 1):

$$\alpha + \rho + \tau = 1$$

Equação 1

Para as superfícies opacas não há transmissão sendo  $\tau = 0$ .

Os materiais se comportam seletivamente com relação à radiação incidente, isto significa que a quantidade de energia que absorvem, refletem e transmitem é diferente para cada comprimento de onda.

A Lei do Cosseno favorece o entendimento sobre a variação diária e estacional da intensidade da radiação solar, que influencia os demais elementos meteorológicos (fig.4 e eq. 2 e 3)).

$$I_c = I_b \cdot \cos \beta$$

Equação 2

$$\cos \beta = B/C$$

Equação 3

Sendo:

Área C > Área B

Intensidade C < Intensidade B

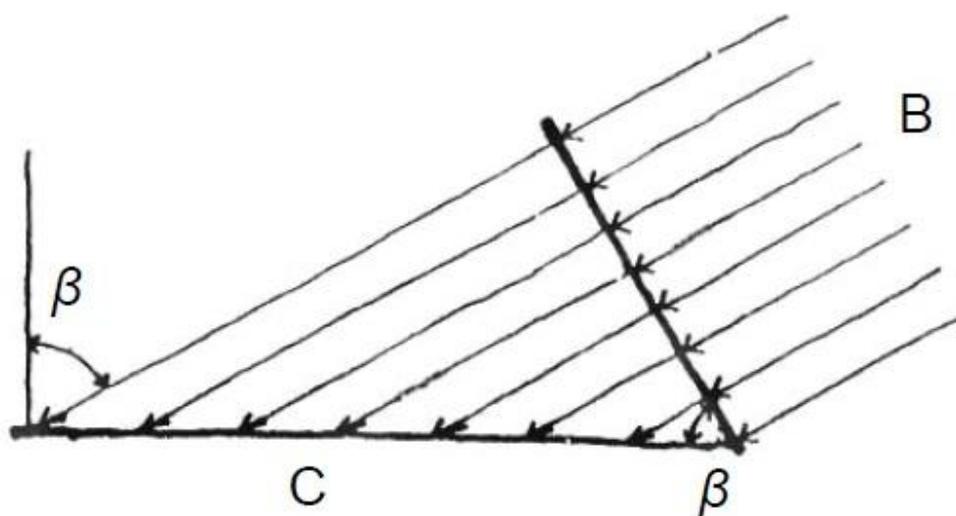


Figura 4 Lei do Cosseno  
Fonte: Bittencourt (2004)

Devido ao movimento de rotação da Terra, o ângulo zenital ( $\beta$ ) - que é o ângulo que o centro do disco solar forma com a vertical local, varia ao longo do dia. Nos horários do nascer e do pôr do Sol, esse ângulo é igual a  $90^\circ$  e, portanto, a irradiância solar no plano horizontal é igual a zero. Com o passar das horas, ocorre diminuição do ângulo zenital. A irradiância vai aumentando até atingir seu máximo

ao meio dia, ou seja, quando o sol passa pelo meridiano local com as radiações perpendiculares a superfície. O ângulo zenital também varia ao longo de todo o ano, devido ao movimento de translação da terra em torno do sol, de acordo com a latitude da localidade, para o solstício de verão, inverno e equinócios (LAMBERTS, DUTRA e PEREIRA, 2004).

Para determinar-se a direção aproximada da radiação solar, é necessário também conhecer-se a posição do sol por meio de dois ângulos: azimute solar e altura solar. Sendo que azimute é a medida do ângulo formado entre o observador e o norte magnético e a altura solar possui relação com a hora do dia, e é o ângulo formado entre a posição do sol e a linha do horizonte em um dado horário (WEBER, 2005).

## **2.2 Brise-soleil**

De modo a controlar a radiação solar que penetra os edifícios, superaquecendo-os nos períodos quentes e aumentando o consumo de energia com os sistemas de ar condicionado, surge o *brise-soleil* como elemento arquitetônico apropriado a esta função.

O termo *brise-soleil* foi criado por Le Corbusier no desenvolvimento de projetos para Argel e Barcelona, em 1933 com a função de proteger paredes transparentes, translúcidas ou opacas visando minimizar os efeitos da radiação direta do sol, melhorando as condições de temperatura e controle de incidência da luz pela envoltória.

O *brise* possui tipologias distintas dos quebra-sóis há muito usados no Brasil, utiliza lâminas paralelas ou tramadas, móveis ou fixas, com a função de controlar a radiação solar sobre as superfícies. Sua utilização representa um importante elemento arquitetônico para proteção. O modernismo trouxe a presença marcante do pano de vidro. A ideia era utilizá-lo, mas protegê-lo usando uma solução ideal para as fachadas, a própria arquitetura como solução, os recursos mais utilizados foram os *brises*.

Para Maragno (2000) o *brise-soleil* surgiu como uma resposta às transformações arquitetônicas resultado das possibilidades surgidas com as novas técnicas construtivas e pelos conceitos da Arquitetura Moderna.

A concepção desse elemento é basicamente funcional, porém sua aplicação passa a dialogar com a composição arquitetônica da edificação. Assim, também se enquadra nos preceitos modernistas visto que a forma segue a função (GUTIERREZ,2004, p.22).

Segundo Corona & Lemos (1972) apud Gutierrez (2004), deve-se considerar que este elemento arquitetônico que possui a função de quebrar a direção dos raios solares já aparece em muitas arquiteturas, desde as mais remotas.

O *brise* transformou-se em um importante recurso para conservação de energia, o que deu à arquitetura brasileira uma característica importante.

Weber (2005) explica que a necessidade da arquitetura adaptar-se ao clima e a preocupação dos arquitetos pelas questões ambientais inseriu nos projetos ao longo de três décadas os elementos de proteção solar. Este período também é conhecido como Escola Carioca e foi o movimento inicial da arquitetura moderna no Brasil. A busca pelo conforto ambiental passou a ser uma constante, assim difundindo-se por todo país. A produção dos primeiros edifícios se concentra na cidade do Rio de Janeiro, onde a insolação é constante, com temperaturas de verão bem elevadas. O grupo criou inúmeras composições, resultados do aprimoramento do *brise-soleil*, com as mais variadas formas, combinações e diversas soluções.

De acordo com Maragno (2000), a primeira obra a ser concluída com a aplicação de *brises* foi a sede da Associação Brasileira de Imprensa - A. B. I. dos irmãos Marcelo e Milton Roberto, em 1938, na sequência, em 1939, a Obra do Berço de Oscar Niemeyer, e finalmente o edifício do Ministério da Educação e Saúde Pública- M. E. S. P. projetado por Lúcio Costa, Oscar Niemeyer, Afonso Eduardo Reidy, Carlos Leão, Jorge Moreira, Ernani Vasconcellos e consultoria de Le Corbusier, em 1936 e concluído em 1945, todos os projetos localizados no Rio de Janeiro.

Gutierrez (2004) afirma que o edifício do Ministério da Educação e Saúde (fig.5 e fig.6) foi o mais representativo exemplar da arquitetura moderna brasileira, onde Le Corbusier aplicou todos os princípios numa grande obra: estrutura independente, pele de vidro, planta livre, construído sobre pilotis e terraço jardim. Estas características passaram a representar a linguagem da arquitetura brasileira: formas livres e flexibilidade de volumes, proteção solar, curvas e estrutura com

intenção plástica e indistinção dos espaços internos e externo. O acerto deste projeto foi fundamental para consagração das novidades lançadas.



Figura 6 Ministério de Educação e Saúde Pública  
Fonte: Arquivo pessoal de Nelson Kon



Figura 5 Detalhe do brise-soleil do edifício do Ministério da Educação.

Fonte: Arquivo pessoal de Francisco J. Martínez

De 1945 a 1955 o uso de algum sistema de proteção nas fachadas ensolaradas era quase uma regra, demonstrando a importância do clima como uma variável arquitetônica. Estes elementos foram introduzidos como um enriquecimento plástico do edifício.

As considerações dos irmãos Olgay (OLGAY. A, OLGAY, V., 1957, p.11) evidenciam a profunda admiração pela arquitetura brasileira, quando referem-se ao Ministério da Educação e Saúde - M. E. S.P:

Foi neste lugar que a teoria Corbusier foi posta em prática em grande escala pela primeira vez. O ímpeto deste elemento foi interpretado com brilhantismo desde então, e o "quebra sol" tornou-se quase a marca registrada da arquitetura brasileira.

Nessa época, as concepções do brise-soleil começaram a fazer parte do processo de projeto, tornando-se evidente o andamento dos estudos sobre insolação, que permitiram a adequação das necessidades de cada edificação. Assim

procuravam soluções passivas nos projetos arquitetônicos, com o projeto de dispositivos e a integração às fachadas.

Sobre estes elementos de controle da radiação solar Rivero (1985,p.101) faz a seguinte consideração:

Esse problema tem enorme transcendência na atividade criadora do arquiteto, já que sua solução requer dispositivos ou proteções que por sua forma, posição e cor, constituem muitas vezes, como ocorre com exemplos relevantes, o elemento fundamental de expressão.

Surgem assim inúmeras possibilidades, que só dependem da imaginação do arquiteto. Porém, alerta o autor, esses dispositivos devem, acima de tudo, cumprir suas funções térmicas, além de permitir a iluminação e a comunicação dos meios.

Segundo Bruandy (1981) apud Gutierrez (2004), as composições com brise-soleil são tão engenhosas quanto variáveis, que com a finalidade inicial puramente prática passam a representar um meio de expressão plástica que marcam profundamente a arquitetura moderna brasileira (fig.7).

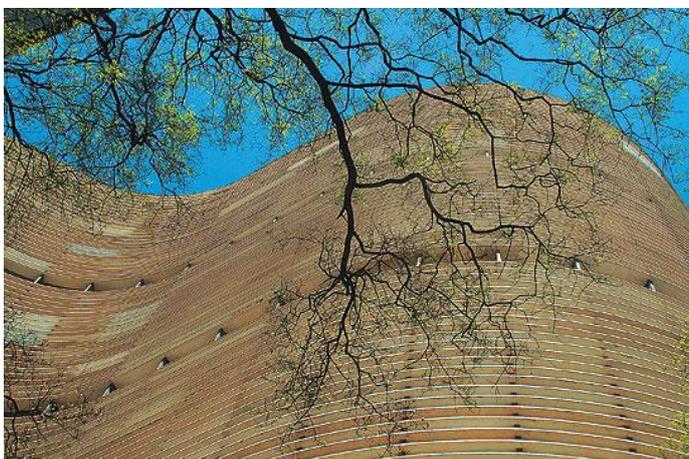


Figura 7 Edifício Copan, São Paulo, 1951-57, de Oscar Niemeyer.  
Disponível em::<http://casaejardim.globo.com>

Atendido aos rigores técnicos de bloquear a radiação solar, ainda resta uma possibilidade criativa para o projetista, onde haja a integração do brise-soleil à fachada (fig.8), como elemento de composição. O uso desses dispositivos além de eficientes e adaptados aos condicionantes do local como orientação solar e clima, não devem prejudicar a estética, visto a liberdade de escolha das diversas possibilidades formais, garantindo o alcance da beleza arquitetônica.



Figura 8 Edifício no Parque Guinle, Rio de Janeiro, 1954, de Lúcio Costa  
Disponível em: <http://www.oecocidades.com/>

Na década de 50, no século XX, ocorre o fim da corrente europeia “corbusiana” sobre a nossa arquitetura, iniciando uma nova fase de influência norte-americana. Niemeyer, em 1955, dá uma reviravolta explícita nos projetos para Brasília e abandona o uso de proteções solares em sua própria arquitetura. Na análise dos edifícios fica claro a despreocupação com a insolação, onde os erros ou acertos cometidos parecem acidentais. A utilização de climatização artificial passa a dispensar os meios passivos de controle ambiental.

O arquiteto Mies van der Rohe destacou-se com suas torres de vidro, onde as janelas das fachadas alcançavam do piso ao teto. Sendo seguido por vários profissionais, com seu formalismo *clean*, que internacionalizaram sua forma aparente de arquitetura, mesmo em regiões impróprias para essa implementação, apostando nos sistemas de climatização artificiais e no uso de materiais adequados nas fachadas.

A arquitetura brasileira deixa de ter a cara do Brasil e coloca a máscara da arquitetura do chamado Estilo Internacional” (PEIXOTO, 1994, p.137).

A utilização indiscriminada de materiais inadequados para essa tipologia gerou no Brasil, verdadeiras estufas com altíssimo consumo de energia para o ar condicionado manter as condições de conforto.

A crise do petróleo na década de 70, o alto custo dos combustíveis e conseqüentemente da manutenção da energia para o funcionamento dos edifícios, com sistemas de condicionamento mecânico, exigiu a revisão dos valores internacionais, o que conseqüentemente despertou para as questões ecológicas,

trazendo de volta o tema na atualidade. A arquitetura bioclimática passou a ser objeto de maiores estudos e pesquisas.

Maragno(2000), cita as três estratégias básicas que podem ser adotadas com vistas a proteger os edifícios da radiação solar: 1- Uso de dispositivos de proteção interna nas janelas; 2-Uso de materiais transparentes com características especiais seletivas e; 3- Uso de dispositivo externo ao edifício ou a janela, dentre os quais inclui-se o brise-soleil. O autor alerta, que todas alternativas apresentadas (tab. 1) apresentam algumas limitações, como: - a manutenção do nível de iluminação natural interior; - a visão direta e nítida do exterior; interferência na estética do edifício. Nem sempre é possível conciliá-las, necessitando especial atenção do profissional projetista.

O correto dimensionamento dos dispositivos de proteção solar são de grande importância na redução da carga térmica oriunda da radiação solar em superfícies envidraçadas (FERREIRA E SOUZA, 2010).

O brise-soleil também possui a função de proteger o interior do ambiente do ofuscamento, dando privacidade aos compartimentos.

Tabela 1 Redução de ganhos de calor sobre as superfícies

<b>SISTEMA DE PROTEÇÃO SOLAR</b>	<b>PERCENTUAL DE REDUÇÃO DE GANHOS DE CALOR SOLAR(EM VIDRO SIMPLES TRANSPARENTE DE 6mm)</b>
<b>Brise-soleil*</b>	75 a 90%
<b>Vidros e películas reflexivos</b>	37 a 68%
<b>Vidros com pigmento reflexivo</b>	26 a 37%
<b>Vidros de espectros seletivos</b>	37 a 58%
<b>Persianas internas de cores brilhantes com palhetas semiabertas</b>	30%
<b>Persianas internas de cores médias com palhetas semiabertas</b>	22%
<b>Cortinas internas translúcidas</b>	54%
<b>Cortinas internas opacas de cores claras</b>	59%
<b>Cortinas internas opacas de cores escuras</b>	15%

\* corretamente dimensionado em relação aos ângulos solares, afastado das superfícies de vedação e sem continuidade estrutural.

Fonte: PACIFIC ENERGY CENTER (2000) apud Maragno (2000)

Com o desenvolvimento da tecnologia, hoje é possível a utilização do vidro de baixo fator solar que reduz os ganhos de calor e atinge um bom desempenho térmico.

A utilização de vidros de alta performance (FS=25%) demonstrou através de simulação computacional para uma tipologia de edifícios de escritórios, na cidade de Florianópolis, que mesmo para altos valores de PAFt (percentual de aberturas na fachada total) conseguiu a redução do consumo energético do edifício em cerca de 11% (YAMAKAWA E WESTPHAL, 2011).

No entanto, na tab. 1, pode-se observar que nenhuma outra alternativa de controle da radiação solar se compara ao desempenho do uso adequado de *brise-soleil*. O alto desempenho dos *brises* deve-se ao fato que eles refletem e absorvem as radiações, transformando em calor apenas a parte absorvida, que por ser onda longa não atravessa o vidro em forma de radiação. Quando dispostos com relativo afastamento da abertura, o ar pode circular dissipando o calor antes de alcançar a superfície de fechamento.

Para definir o projeto de um brise e escolher o tipo mais adequado para cada fachada, o método mais usual baseia-se na utilização da carta solar relativa a latitude de um determinado lugar e define-se a orientação solar da face que se deseja projetar a proteção, bem como a hora do dia e a época do ano. Existem algumas variações geométricas que definem vários tipos de brise.

### **2.2.1 Tipos de brise**

Com a utilização das máscaras de sombra, conforme Maragno (2000), avalia-se a obstrução que pode ser proporcionada pelos protetores, considerando que para cada máscara de sombra é possível projetar-se uma gama de *brises*, que podem proporcionar a proteção desejada (fig. 9).

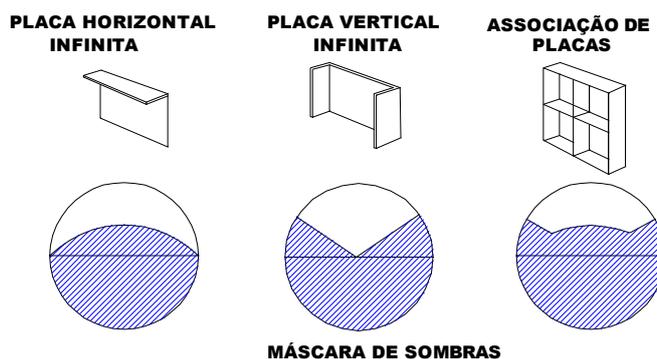


Figura 9 As tipologias de brise e as máscaras de sombra. Adaptado de Olgyay, A.

**2.2.1.1 Brise Vertical:** São placas fixas colocadas perpendiculares a fachada, perpendicularmente ao plano horizontal. São mais eficientes nas fachadas onde a maior incidência do sol ocorre com o sol mais baixo.

Segundo Gutierrez (2004), esse tipo de dispositivo, se demonstra com eficiência significativa, em latitudes elevadas, nas fachadas leste e oeste. Sendo que para latitudes menores, nessas orientações, a autora observa que para barrar os raios mais baixos, se torna necessário o uso de lâminas com inclinação acentuada, que acabam por reduzir significativamente a iluminação interna dos ambientes internos.

**2.2.1.2 Brise Horizontal:** São placas colocadas no plano horizontal, com eixos paralelos. Demonstram-se muito eficiente para grandes alturas solares. Não é eficiente para as primeiras e últimas horas do dia. Se utilizado para barrar raios solares baixos, pode reduzir a luminosidade e a ventilação ambiente. Geralmente obtém bons resultados quando implantado em fachada norte, noroeste e nordeste. Os prolongamentos dos beirais podem funcionar como brise.

**2.2.1.3 Brise Combinado:** é uma tipologia que faz uma combinação simultânea de protetores com características verticais e horizontais. Muito eficiente em latitudes baixas quando se deseja a obstrução dos raios solares. Funciona como um filtro para excesso de luz natural, sem impedir a ventilação e visibilidade ao exterior. Essa combinação se complementa, enquanto os painéis verticais cobrem as incidências com ângulos mais baixos, os horizontais são eficientes as maiores

alturas solares. Nos estudos desenvolvidos por Gutierrez (2004), demonstraram o melhor desempenho térmico.

Para escolher qual o dispositivo será mais eficiente e adequado, o projetista precisa conhecer qual a área da abóboda celeste que poderá estar visível a partir do ponto dado (fig.10).

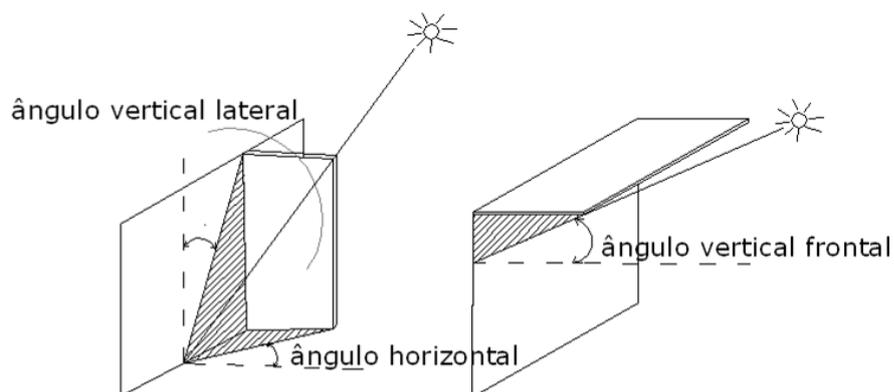


Figura 10-Ângulos verticais (frontais e laterais) e ângulos horizontais (BITTENCOURT,1988)

Parte-se do entendimento da distinção entre o ângulo de projeção de um raio solar e suas projeções horizontais e verticais estereográficas. Considera-se a representação de um observador.

Quanto a sua mobilidade, de acordo com Rivero (1985), os *brises* podem ser móveis ou fixos, visando que a proteção projetada cumpra com sua função térmica além de comunicar visualmente os dois meios. Os protetores fixos são aqueles que não oferecem possibilidade de regulagem, com disposição e dimensões pré-estabelecidas e são incorporados à fachada. Possuem o menor custo de manutenção e dispensam a intervenção de pessoas na sua regulagem. O autor concluiu no estudo sobre os *brises* fixos, que esses possuem maior eficácia anual em regiões com verão mais longo, alcançando seu máximo rendimento em regiões tropicais.

Os *brises* móveis apresentam flexibilidade e são mais eficientes, pois podem ser ajustados em função da variação dos raios solares durante o dia e nas várias épocas do ano. Por outro lado, possuem um custo mais elevado para instalação e manutenção devido às engrenagens de funcionamento e dependem da

ação do usuário para obterem sua correta posição de funcionamento. No processo de avaliação no método prescritivo do RTQ-C (2010) os *brises* móveis devem ser considerados fixos, com ângulo de sombreamento máximo possível.

Bittencourt (1988) alerta que existem vários fatores que devem ser considerados para escolha do tipo de dispositivo de proteção- brise-soleil - mais adequado a cada projeto no controle da insolação de um ambiente:

a) Eficiência – o brise-soleil deve ser analisado se possui condições de desempenhar adequadamente a proteção de radiação solar.

b) Plasticidade- como um elemento arquitetônico que é, o brise-soleil contribui na composição formal resultante. Podendo conferir ritmo, dinâmica, e forma à composição arquitetônica. Sendo assim, nesse item é analisado o resultado plástico/formal obtido pelo dispositivo.

c) Privacidade- estudo da eficiência do brise e a contribuição na privacidade dos espaços internos.

d) Luminosidade- conforme as características do dispositivo e a forma como foi inserido na fachada da edificação, é possível avaliar se ele pode contribuir para regular a iluminação natural dos ambientes.

e) Visibilidade- analisa a interferência do dispositivo na visão dos espaços externos à edificação.

f) Ventilação- estuda o comprometimento da ventilação natural do ambiente interno com a inserção do brise-soleil sobre uma abertura.

g) Durabilidade- analisa a vida útil do dispositivo, conforme as características do material empregado

h) Manutenção – o estudo da facilidade de manutenção do dispositivo, avaliando sua durabilidade.

i) Custo de Implantação- avaliação do custo do investimento, definindo como alto, médio e baixo, de acordo com o material utilizado e forma de execução, comparado aos benefícios advindos da sua implantação.

## 2.2.2 Desempenho e eficiência dos brises

A avaliação quanto à eficiência dos dispositivos de proteção solar, geralmente é estudada de três formas: geometria solar através de métodos gráficos; simulações com softwares, e medições em campo. Existe ainda um método menos utilizado que é o balanço térmico de radiação.

“Um dispositivo de proteção solar será eficaz quando for capaz de barrar a radiação solar direta sobre uma dada superfície ou abertura no período que se julgar conveniente” (FROTA; SCHIFFER, 2000, pag.90).

Frota (2004) recomenda alguns cuidados no projeto dos *brises* para obter-se a máxima eficiência:

- Seja guardada uma certa distância entre o sistema de sombreamento e o corpo da edificação (pelo menos 30cm), o que amenizará o efeito da radiação do infravermelho longo e também proporcionará a ventilação desse espaço; quanto maior o afastamento do brise-soleil com o corpo do edifício, menor será o calor transmitido;

- Tenha acabamento superficial externo, na face exposta ao sol, de cor clara, para evitar maior sobreaquecimento dessa superfície, isto é interessante não só para o próprio edifício, mas também para seu entorno;

- Se o material do brise for isolante térmico, o desempenho do sistema de proteção será melhor, posto que menos calor chegará a face voltada para o edifício, resultando em temperatura superficial menor;

- Se essa face tiver acabamento superficial de baixa emissividade térmica – superfícies metálicas de alto brilho, mesmo aquecidas, emitem pouca radiação térmica – menos calor será emitido para a superfície externa do corpo da edificação.

Tão importante quanto as condições térmicas e translúcidas do edifício é a iluminação dos recintos. O uso de brise-soleil é indispensável para proporcionar o conforto visual, controlando e distribuindo a luz natural no ambiente, evitando o ofuscamento, os efeitos térmicos e a elevação da temperatura dos ambientes.

O *brise* como dispositivo de proteção solar pode alcançar alto índice de desempenho, superior a utilização de soluções complexas e de alto custo. Os protetores possuem a função de reduzir os ganhos térmicos da edificação, barrando, controlando e ou distribuindo a radiação. Eles devem atender a requisitos

importantes como não provocar bloqueio visual ou prejudicar a ventilação e não possuir cores que provoquem ofuscamento. Também é necessário observar a importância do seu posicionamento na fachada e as características do material que o compõem, como a absorvência à radiação solar ( $\alpha$ )<sup>3</sup>, a refletância à radiação solar ( $\rho$ )<sup>4</sup>, a condutibilidade térmica ( $\lambda$ )<sup>5</sup> e emissividade ( $\epsilon$ )<sup>6</sup>. Sendo que as duas primeiras além das características do material, dependem da cor e do tratamento das superfícies dos protetores (SILVA, 2007).

Amorim *et al.* (2010) pesquisou a reabilitação dos aspectos físicos de um edifício de escritórios existente, localizado em Brasília– DF, visando a otimização do desempenho termo-energético da envoltória, na busca pelo conforto térmico do usuário. Entre as propostas estudadas, está o projetado de novos brises e o remanejamento de brises existentes a partir da adequação dos ângulos e tipologias. A análise por simulação demonstrou o aumento de horas de conforto e da satisfação dos usuários no ambiente de trabalho.

Ao analisar o uso de *brises* na arquitetura da região central do Rio Grande do Sul, Weber (2005) constatou que a grande maioria dos dispositivos, existentes nas fachadas dos edifícios construídos antes de 1990, cumprem eficientemente seu papel ambiental, compõem plasticamente a volumetria da edificação, tendo sido pensados durante o projeto. Nas construções mais recentes, a autora constatou vários problemas com relação a utilização dos *brises*, e atribuiu ao desconhecimento dos novos projetistas ao utilizar o recurso.

Em seu trabalho, Gutierrez (2004) fez uma avaliação do desempenho de três tipologias de brise fixo (horizontal, vertical e fixo), com a utilização de modelos e concluiu que além dos dados de latitude do local e da orientação da fachada do edifício, é necessário analisar as tipologias e característica físicas dos materiais. O elemento vazado e o brise horizontal alcançaram a melhor eficiência térmica em diferentes fachadas, orientações e épocas do ano. A pesquisa desenvolveu-se com

---

<sup>3</sup> Quociente da taxa de radiação solar absorvida por uma superfície pela taxa de radiação solar incidente sobre esta mesma superfície (ABNT, 2005).

<sup>4</sup> Quociente da taxa de radiação solar refletida por uma superfície pela taxa de radiação solar incidente sobre esta mesma superfície (ABNT, 2005).

<sup>5</sup> Propriedade física de um material homogêneo e isotrópico, no qual se verifica um fluxo de calor constante, com densidade de  $1 \text{ W/m}^2$ , quando submetido a um gradiente de temperatura uniforme de  $1 \text{ K/m}^2$  (ABNT,2005)

<sup>6</sup> Quociente da taxa de radiação emitida por uma superfície pela taxa de radiação emitida por um corpo negro, à mesma temperatura (ABNT,2005).

a construção de modelos com *brises* horizontais e verticais em madeira e concreto e a inclusão de soluções passivas como a orientação adequada das fachadas, o uso de dispositivos de proteção solar e o distanciamento desses elementos das aberturas evitando os ganhos por condução, visando equacionar a redução do aporte de calor solar, a entrada de luz natural e a ventilação adequada do ambiente. Nos ensaios, os resultados apresentaram uma redução de até 4,14°C na temperatura interna dos ambientes.

Do ponto de vista da eficiência energética, Vega e Cunha (2010) afirmam que não há dúvidas da economia gerada no ambiente construído com base na utilização de dispositivos de proteção solar. As condições de controle seletivo da entrada de radiação solar em ambientes interiores faz com que os custos de climatização artificial sejam reduzidos drasticamente, sem que os custos de iluminação artificial aumentem com a mesma intensidade. No caso estudado pelos autores o número de horas de conforto aumentou de 36% para 44% e o tempo de retorno do investimento foi de 8,4 anos, para a instalação dos *brises* nos apartamentos de um hotel, situado em Pelotas, RS.

Gutierrez e Labaki (2011) pesquisaram a “Associação de vidros e brise-soleil em sistemas de aberturas: análise das temperaturas internas” e puderam observar que o uso dos dispositivos de proteção solar, foram capazes de reduzir as temperaturas para todos os tipos de vidros, com redução em torno de 10°C, assim como um atraso no horário de registro da maior temperatura: sem proteção, quando o pico ocorreu as 13:00, com proteção entre 14:30 e 15:00h. Com relação as diferenças entre as tipologias de *brise*, observaram que o brise-soleil horizontal obteve resultados melhores do que da tipologia vertical.

No estudo sobre a eficiência e forma dos *brises* realizado por Maragno (2000) na cidade de Campo Grande, onde foram analisadas 97 obras, ele observou que mais da metade – 57% apresentam algum tipo de dispositivo de proteção, sendo que 72% destes são *brises*. Avaliando a eficiência do brise-soleil em uma amostra de 30 edifícios<sup>7</sup>, concluiu que 48% destes, impedem a insolação em períodos críticos, 24% são parcialmente eficientes, 15% protegem pouco ou nada e 12% sem necessidade, sombreando superfícies que não necessitam de

---

<sup>7</sup> Ver tabela 5- Características compositivas e de eficiência ambiental dos brise-soleils em 30 edifícios analisados(em%). MARAGNO (2000, p.191)

sombreamento. Concluiu que o uso do brise-soleil significa, na amostra estudada, importante acréscimo de qualidade da arquitetura, permitindo em alguns casos dispensar sistemas artificiais de energia, sem contudo determinar a sua exclusão, porém uma significativa redução no consumo de energia dos equipamentos.

### 2.2.2.1 Uso da cor

O material, o tipo de acabamento da superfície e a cor do *brise* influenciam diretamente no comportamento frente a radiação solar, visto que os materiais se comportam seletivamente com relação à radiação incidente, isto significa que a quantidade de energia que absorvem, refletem e transmitem é diferente para cada comprimento de onda.

A utilidade das cores não se restringe a aparência, mas se explica em conceitos de conforto térmico e visual. As cores escuras em superfícies exteriores, absorvem maior quantidade de radiação solar, ganhando calor. Enquanto que as cores claras refletem mais. Se aplicadas em paredes externas, aumentam a reflexão, reduzindo assim os ganhos de calor. As cores claras utilizadas internamente, auxiliam o sistema de iluminação natural ou artificial, pois refletem mais luz (LAMBERTS; DUTRA e PEREIRA, 2004).

A cor age como um filtro de radiações solares aplicada sobre a superfície externa da edificação. Ela influencia diretamente no conforto térmico interno, variando de acordo com seu índice de absorção, expressos na tab. 2.

Tabela 2 Valores de coeficientes de absorção da radiação solar específicos de pintura

Cor	Coeficiente de Absorção para radiação solar ( $\alpha$ )
Branco	0,2 – 0,3
Amarela, laranja, vermelho-claro	0,3 – 0,5
Vermelho-escuro, verde-claro, azul-claro	0,5 – 0,7
Marrom-claro, verde-escuro, azul-escuro	0,7 – 0,9
Marrom-escuro, preto	0,9 – 1,0

Fonte: Frota;Schiffer, 2000

Rivero (1985) indica a utilização de cores claras com alto índice de reflexão, pois deixa de absorver o calor em função do aumento da parcela refletida, e conseqüentemente ocorre a redução da parcela absorvida. Nesse caso, a manutenção da limpeza dos elementos é essencial para assegurar sua eficácia, e também o cuidado para não ocorrer problema de ofuscamento do usuário, dependendo do posicionamento do brise-soleil.

Quanto à influência das cores, Goes (1995), afirma:

As janelas fechadas se beneficiam com cores escuras, quando a reflexão da porção visível da radiação solar para fachada diminui e o vidro da janela, opaco à radiação infravermelha não absorve a carga térmica irradiada pelas placas. Já as janelas abertas se beneficiam com o brise-soleil de cores claras, em que o ar de entrada no ambiente interno se resente menos das trocas por convecção e radiação com o brise-soleil. A influência dos materiais no desempenho do brise-soleil implica na transmissão do calor por radiação e convecção de suas placas para o ambiente interno, e por condução para as paredes envolventes, através dos suportes.

### **2.2.2.2 Iluminação Natural**

A iluminação natural pode ser utilizada para economizar energia, isso vai depender do repertório do arquiteto e do conhecimento na utilização de dispositivos de proteção solar em seus projetos.

Sempre que possível, a luz natural deverá ser priorizada sobre a iluminação artificial. A utilização de sensores fotoelétricos poderá fazer a correção na intensidade da iluminação artificial necessária para cada tarefa em lux. Existem outros sistemas de controle de gastos de energia como: sensores de ocupação, sistemas com controle fotoelétrico, sistemas de programação de tempo.

Segundo Porto, Silvério e Silva (1997), a cor também influencia significativamente nos aspectos relativos à iluminação natural e artificial devido a variância das refletâncias. A aplicação de cores claras em grandes superfícies com contrastes adequados para identificar máquinas e funções / espaços, associada a um planejamento adequado da iluminação, além de resultar em economia do consumo de energia em até 30%, pode reduzir as ocorrências de ofuscamento e fadiga visual, causadora de acidentes de trabalho.

Os ganhos de calor devem ser devidamente contabilizados, eles poderão ser acrescentados na entrada de luz natural, aumentando o consumo de energia para o condicionamento artificial. Um projeto ideal deve aumentar a taxa de iluminação através de recursos arquitetônicos.

Segundo Ferreira e Souza (2010) é necessário estudar o impacto dos brises na iluminação, alertando para a importância de buscar um equilíbrio entre duas variáveis: iluminação natural e carga térmica ao utilizá-los.

Dentre os *brises* mistos que são os compostos por lâminas horizontais e verticais, apesar de oferecerem grande eficiência, principalmente em fachadas leste e oeste, poderão provocar grande obstrução à passagem de luz. Em alguns casos os cobogós, conhecidos como elementos vazados, típico da arquitetura moderna, se tornam indicados para o sombreamento, pois demonstram ótimos resultados (MARAGNO, 2000).

O tipo de brise mais eficiente com referência a iluminação natural é o “light shelf” ou prateleira de luz (fig. 11). É formada por uma lâmina horizontal, que possui a face superior com cor clara, refletora. Essa placa, divide a janela em duas partes - a superior destina-se a iluminação e a inferior a ventilação e visibilidade. Esse dispositivo permite o redirecionamento da luz através do teto, aumentando a iluminação nas partes mais profundas do ambiente e provocando o sombreamento da abertura, protegendo o ambiente interno dos ganhos de calor.

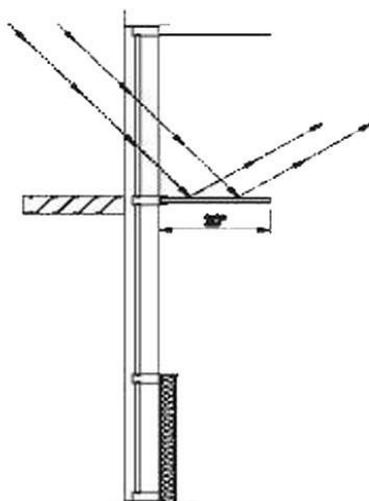


Figura 11-Prateleira de luz

Cândido, Torres e Cabús (2005) fizeram um estudo comparativo dos níveis de iluminação entre modelos computacionais de ambientes arquitetônicos, onde o diferencial foi a utilização do dispositivo prateleira de luz. O modelo, com a presença do dispositivo, foi baseado nas condições reais existentes no edifício do Núcleo de Pesquisa Multidisciplinar da Universidade Federal de Alagoas. O objetivo foi verificar o efeito da utilização do light shelf para a uniformização da iluminação natural no ambiente avaliado. Os resultados apontaram a eficácia da prateleira de luz como elemento arquitetônico capaz de otimizar a distribuição de luz natural nos ambientes de trabalho, potencializando os recursos bioclimáticos.

Os autores afirmam que o conhecimento aliado à criatividade e às considerações das potencialidades locais, podem reduzir os custos com energia elétrica a partir da utilização integrada dos meios naturais e artificiais de iluminação.

### **2.2.2.3 Ventilação**

Com a ocupação dos edifícios por máquinas, equipamentos e pessoas, somada a exposição à radiação solar, a temperatura interna dos ambientes tende a se tornar mais alta que a externa. Essa diferença de temperatura no inverno poderá ser positiva, porém no verão torna-se um agravante nas condições térmicas ambientais. (FROTA; SCHIFFER, 2000)

Alguns dispositivos de proteção solar podem facilitar também a ventilação. A disposição de placas paralelas que facilita o fluxo de ar que circula no ambiente interno.

A ventilação em prédios comerciais, onde não é interessante corrente de ar sobre as mesas, deve ser feita pela parte superior da abertura.

### **2.2.3 As cartas solares e a geometria da insolação**

As cartas solares são representações gráficas sobre um plano, que representam o movimento aparente do sol na abóboda celeste (fig.12), para os diferentes períodos do dia e do ano, para cada latitude específica.

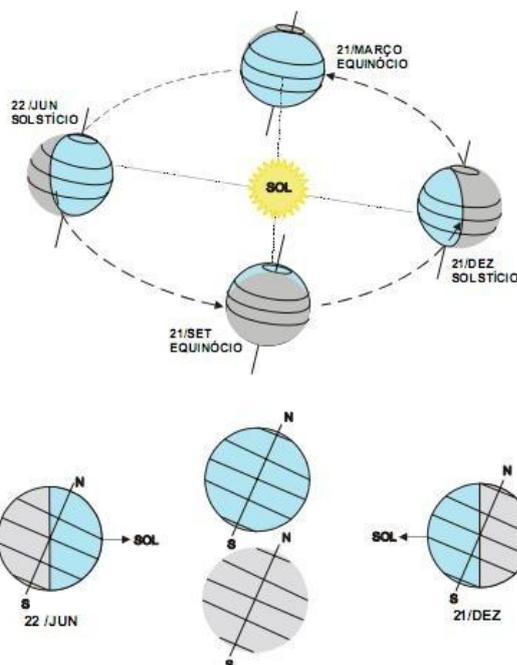


Figura 12 Posições da terra num ciclo anual  
Disponível em: <http://astro.if.ufrgs.br>

A partir da latitude e longitude pode-se especificar a posição de um determinado local sobre a Terra. A latitude sempre é referida à linha do Equador, imaginando-se que cada ponto da superfície terrestre esteja contido num semicírculo paralelo ao Equador. Mede-se a latitude de  $0^\circ$  a  $90^\circ$  e diz-se que ela é Norte se estiver acima da linha do Equador, e Sul, se estiver abaixo (FROTA; SCHIFFER, 2000).

Para se determinar a direção da radiação solar, é necessária a posição do sol, através dos ângulos: azimute solar e altura solar.

As representações mais utilizadas para a elaboração das cartas solares são as estereográficas. Frota; Schiffer (2000) explicam o processo que consiste em representar a abóbada celeste por um círculo cujo centro é a projeção do zênite do observador no plano do horizonte, as alturas do sol na abóbada celeste são representadas por circunferências concêntricas. Esta representação varia com a época do ano e com a latitude do local. Os azimutes são representados como linhas que partem do centro da abóbada. A trajetória do sol é representada por arcos de circunferência (fig. 13).

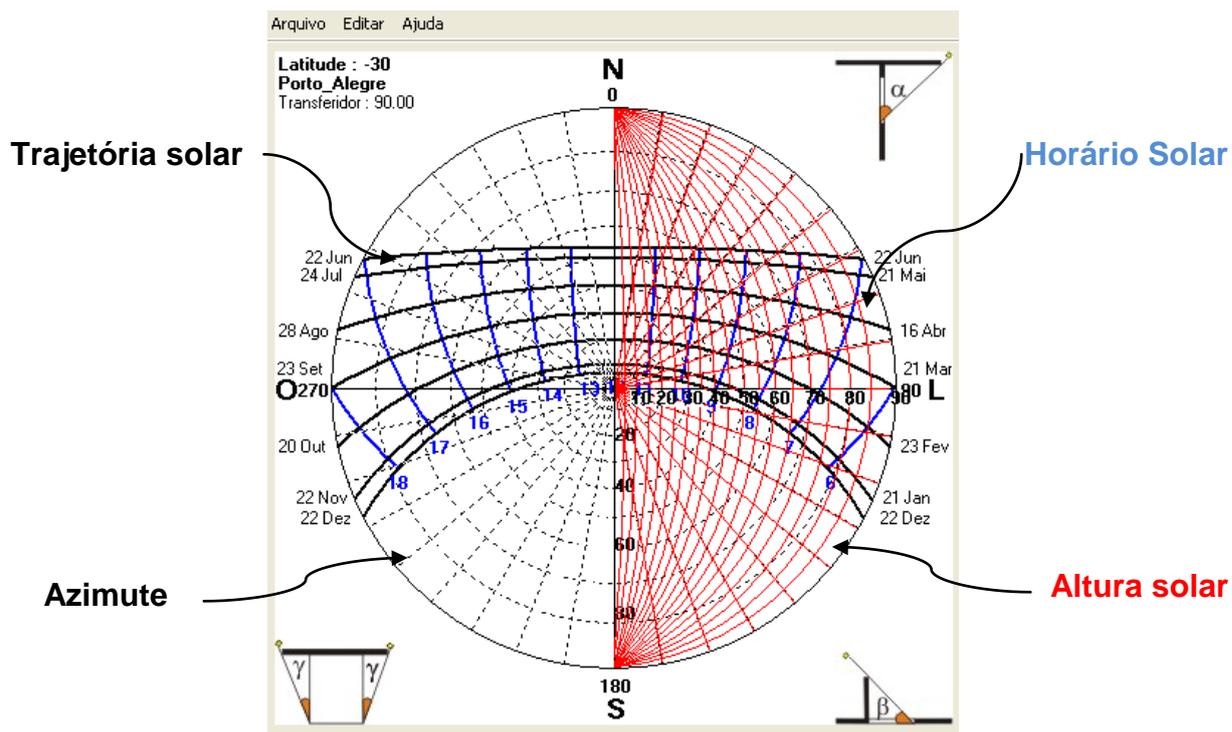


Figura 13 Carta solar para orientação NS, latitude 30°

Programa Analysis SOL-AR

. disponível em: <http://www.labee.ufsc.br/downloads/software/analysis-sol-ar>

Bittencourt (1988), alerta que existe uma diferença entre o tempo solar e o tempo real nos gráficos solares, as horas do dia correspondem a horas solares. Essa diferença varia durante o ano. No Brasil, é relacionada ao horário de Brasília e é dada pela expressão da eq. 4:

$$\text{TSV} = \text{TL} - (\text{ET} - 17 \text{ min})$$

Equação 4

TSV- tempo solar verdadeiro

TL- tempo legal (hora oficial)

ET – equação do tempo (varia com a época do ano)

A Equação do Tempo é a diferença entre o Tempo Solar Verdadeiro e o Tempo Solar Médio. Seus valores variam entre 16 minutos, que é o maior valor positivo, e 14 minutos seu maior valor negativo (fig. 14). Esta é a diferença entre o meio dia verdadeiro (passagem meridiana do Sol), e o meio dia do Sol médio. Na determinação da longitude de um dado lugar pela medida da passagem meridiana

do Sol, é necessário corrigir a hora local do centro do meridiano pela equação do tempo, ou introduzir um erro de até 4 graus na longitude<sup>8</sup>.

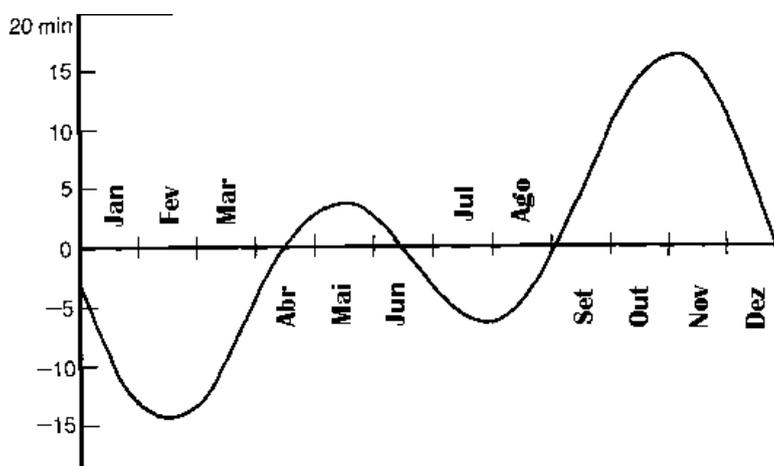


Figura 14 Equação do tempo

Fonte: <http://astro.if.ufrgs.br/tempo/tempo.htm> - acessado em 28/12/2010

Outro fato que deverá ser considerado no estudo das cartas solares é que o norte indicado no diagrama solar é o norte verdadeiro ou geográfico. Este difere do Norte magnético pois o eixo geográfico da terra não coincide com aquele indicado na bússola. Existe uma declinação que indica um desvio da agulha da bussola. O ângulo formado entre o norte magnético e o verdadeiro norte é chamado de declinação magnética e varia de ano para ano dependendo do local, sua latitude e longitude. Estes dados são publicados no anuário do observatório nacional.

O Norte verdadeiro ou Norte geográfico é o ponto para onde convergem os meridianos terrestres. Estes pontos coincidem com o eixo de rotação da terra e representam os pontos de latitude 90° Norte e 90° Sul.

O uso de diagramas pode oferecer com precisão, para uma dada latitude, a época e o horário de insolação de superfícies verticais e horizontais para uma determinada orientação de fachada, indicando o início e o término do horário da insolação em cada dia (fig.15).

Na análise da insolação nas fachadas é possível constatar que para alguns períodos do ano e em determinados horários, a radiação solar é excessiva, principalmente em aberturas e áreas com fechamentos transparentes ou translúcidos. Nestes casos, é possível o estudo da implantação de dispositivos de

<sup>8</sup> Astronomia e Astrofísica. Disponível em: <<http://astro.if.ufrgs.br/tempo/tempo.htm>> Acesso em: 28 dez.2010.

proteção solar, na intenção de barrar a incidência do sol. Sua eficiência vai depender de um projeto bem feito, que poderá ter eficiência total, parcial ou nula, conforme o resultado desejado para o projeto.

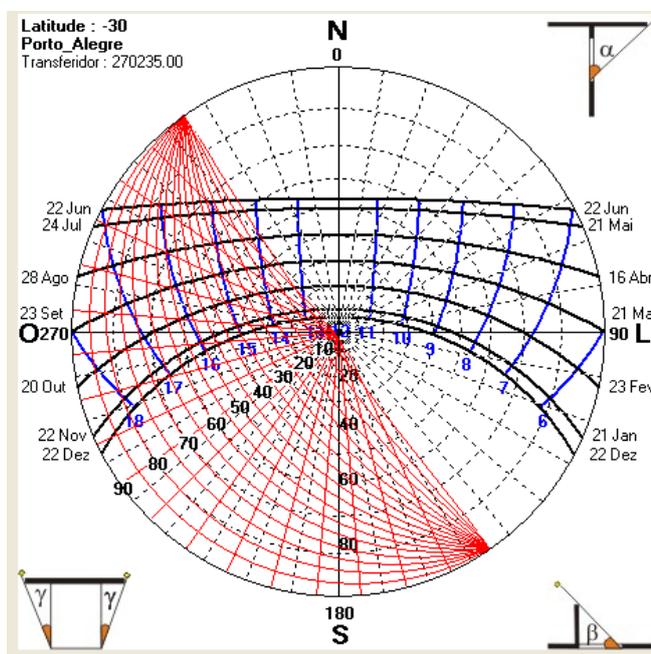


Figura 15 Horário de insolação para orientação SO, latitude 30°

Programa Analysis SOL-AR.

Disponível em: <http://www.labeee.ufsc.br/downloads/software/analysis-sol-ar>

A forma mais usual de projetar-se um dispositivo para uma abertura é estabelecer-se o período que necessita de proteção e representar a máscara desejada na carta solar. Desta forma será possível encontrar-se várias soluções diferentes que atendam as necessidades de projeto e decidir pela mais adequada.

É necessário ser considerado neste projeto, a interferência de elementos externos a construção e que possam funcionar como protetores solares da radiação direta no prédio.

Bittencourt (2004) organizou um roteiro para o projeto de protetores solares, reproduzido a seguir:

- 1- Definir período do ano e o horário a ser protegido, observando-se a diferença entre hora legal e a hora solar;
- 2- Elaborar a máscara de sombra para a influência das edificações vizinhas e massas de vegetação próximas;

- 3- Fazer a máscara de sombra das marquises, sacadas e beirais da edificação;
- 4- Verificar a insolação de cada fachada e os pontos críticos para escolher o tipo de proteção a ser adotado (vertical, horizontal, misto, fixo ou móvel). Coloca-se a linha da fachada passando pelo centro do gráfico solar coincidindo o Norte do gráfico com o Norte verdadeiro do local onde será construída a edificação. Se o Norte indicado for o magnético, fazer a correção;
- 5- Verificar a solução dentre as proteções possíveis - vertical, horizontal, misto, fixo ou móvel, dará maior eficiência, considerando-se os vários aspectos implicados no problema tais como visibilidade, luminosidade, custos, plasticidade, etc;
- 6- Detalhar os protetores.

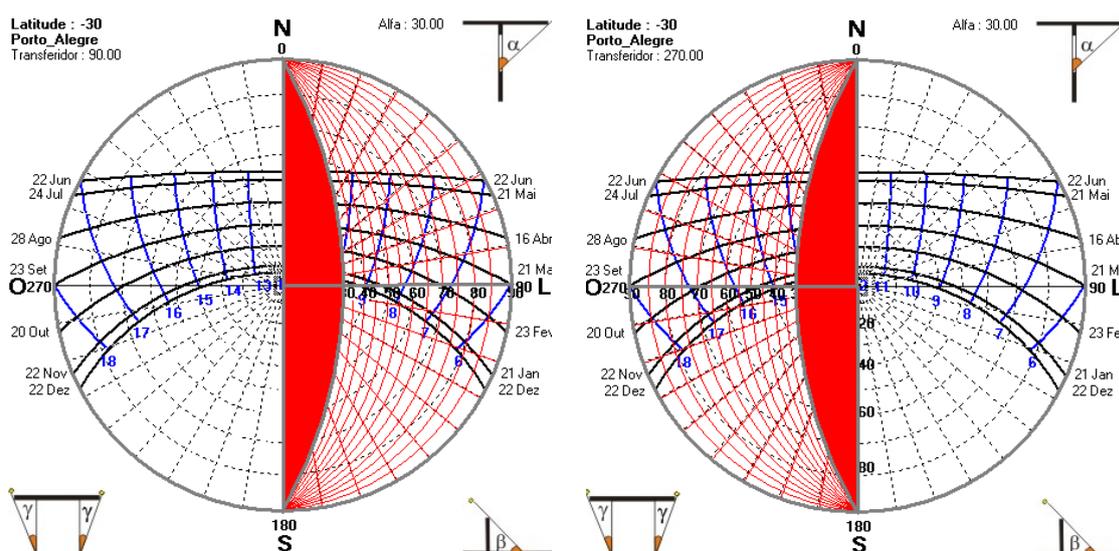


Figura 16 Máscaras de sombra fachadas Leste e Oeste-Programa Analysis SOL-AR  
 . Disponível em: <http://www.labeee.ufsc.br/downloads/software/analysis-sol-ar>

A determinação da máscara de sombras é uma das principais utilizações do diagrama solar. Ela é o resultado de um traçado que representa graficamente em relação a um determinado ângulo de incidência do sol todos os obstáculos que impedem a visão da abóboda celeste de um observador localizado em qualquer lugar, como representado na fig. 16. A máscara fornece os elementos para o projeto dos *brises*.

Neste trabalho são projetados brises fixos externos que buscam não ferir os quesitos apresentados no item 2.2, de modo que possam se enquadrar em situações reais, compatibilizando a eficiência energética as demais abordagens.

### **2.3 Normatização**

O processo de etiquetagem dos edifícios iniciou-se em 2001, com a Lei 10.195 de 17 de outubro de 2001 (BRASIL, 2001a), que dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia e afirma que “o Poder Executivo desenvolverá mecanismos que promovam a eficiência energética nas edificações construídas no país”. Esta lei foi regulamentada com o Decreto nº 4.059, de 19 de dezembro de 2001 (BRASIL, 2001b), que definiu “os níveis máximos de consumo de energia, ou mínimos de eficiência energética” para máquinas e aparelhos fabricados ou comercializados no país. Para as edificações, o referido decreto estabeleceu que seriam definidos procedimentos para a avaliação de eficiência energética e seriam estabelecidos níveis de eficiência com base em indicadores técnicos e regulamentação específica.

Para dar início ao processo de etiquetagem de edificações, em junho de 2009, com base na Portaria n.º 163, do Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO, 2009b) aprovou o Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos - RTQ-C. O Regulamento foi então publicado em sua primeira versão com aplicação voluntária para edificações novas e existentes.

Em 22 de junho de 2009 foi aprovada a Portaria INMETRO nº 185, (BRASIL, 2009c), que instituiu o Regulamento de Avaliação da Conformidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de serviços e públicos (RAC-C), estabelecendo as regras para conhecimento público para a etiquetagem dos edifícios e para a concessão da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia – ENCE.

O INMETRO, considerando a necessidade da atualização do Programa de Avaliação da Conformidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais de Serviços e Públicos, aprovou a revisão do RTQ-C pela portaria nº

372 em 2010 e uma retificação do referido Regulamento através da portaria nº 17 de 16 de janeiro de 2012.

O RTQ-C possui mecanismo de avaliação da conformidade para a classificação do nível de eficiência energética de edifícios. É aplicável a prédios com área útil superior a 500 m<sup>2</sup> ou com tensão de abastecimento superior ou igual a 2,3kV (subgrupos A1, A2, A3, A3a A4 e AS) para edifícios condicionados, parcialmente condicionados ou não condicionados. O RTQ-C especifica os requisitos técnicos e os métodos para a avaliação do nível de Eficiência Energética (EE) dos edifícios comerciais, de serviços e públicos, quanto à eficiência energética.

O processo de etiquetagem é formado de duas etapas: a etapa de projeto e a etapa de inspeção do edifício após concluído, quando é fornecida a autorização para o uso da etiqueta do INMETRO.

A avaliação poderá ser feita através de dois métodos: o método prescritivo ou de simulação. Através desses são avaliados níveis de eficiência e potência instalada do sistema de iluminação, desempenho térmico da envoltória e a eficiência do sistema de ar condicionado. Todos os sistemas podem atingir Nível de Eficiência Energética de A (mais eficiente) a E (menos eficiente).

O método de simulação computacional para avaliação do desempenho térmico da edificação exige um conhecimento mais amplo se comparado ao método prescritivo que é um método simplificado, mais rápido, porém com limitações.

A classificação geral do edifício é feita através dos 3 quesitos que recebem pesos diferentes, o ar condicionado por representar alto consumo no setor comercial, é aquele que apresenta maior peso na avaliação final.

Sistema de Iluminação – 30%

Sistema de condicionamento de ar – 40%

Envoltória – 30%

A Etiqueta Nacional de conservação de energia (ENCE) poderá ser obtida através de uma combinação dos dois métodos de avaliação desde que estejam de acordo com a tab. 3, a seguir:

Tabela 3 Combinações de métodos de avaliação para obtenção da classificação geral da etiquetagem de eficiência energética

Envoltória	Sistema de iluminação	Sistema de ar condicionado	Ventilação natural
Método Prescritivo	Método Prescritivo	Método Prescritivo	Método de Simulação
Método de Simulação	Método de Simulação	Método de Simulação	Método de Simulação
Método de Simulação	Método Prescritivo	Método Prescritivo	Método de Simulação

Fonte: RTQ-C,2010

Quando os edifícios não possuem ar condicionado nas áreas de permanência prolongada, é obrigado comprovar que estes ambientes, apresentam através de ventilação natural um percentual de horas de conforto conforme o nível de EE pretendido.

Os três itens e as bonificações foram reunidos em uma equação geral de classificação do nível de eficiência do edifício. É possível obter a classificação de um sistema apenas sem classificar os demais, sendo que a envoltória sempre deverá ser classificada. Neste caso, não é fornecida uma classificação geral do edifício, mas apenas do(s) sistema(s) analisado(s).

A classificação geral do edifício para os três sistemas deve ser calculada com a equação:

$$PT = 0,30 \left\{ \left( EqNum_{ENV} \times \frac{AC}{AU} \right) + \left( \frac{APT}{AU} \times 5 + \frac{ANC}{AU} \times EqNum_V \right) \right\} + 0,30 (EqNum_{DPI}) + 0,40 \left\{ \left( EqNum_{CA} \times \frac{AC}{AU} \right) + \left( \frac{APT}{AU} \times 5 + \frac{ANC}{AU} \times EqNum_V \right) \right\} + b_0^1$$

Equação 5

Onde:

PT: pontuação total alcançada pelo edifício;

EqNum<sub>ENV</sub>: equivalente numérico da envoltória;

EqNum<sub>DPI</sub>: equivalente numérico do sistema de iluminação, identificado pela sigla DPI, de Densidade de Potência de Iluminação;

EqNum<sub>CA</sub>: equivalente numérico do sistema de ar condicionado;

EqNum<sub>v</sub>: equivalente numérico de ambientes não condicionados e/ou ventilados naturalmente.

APT: área útil dos ambientes de permanência transitória, desde que não condicionados;

ANC: área útil dos ambientes não condicionados de permanência prolongada, com comprovação de percentual de horas ocupadas de conforto por ventilação natural (POC) através do método de simulação;

AU: área útil;

b: pontuação obtida pela bonificação, que varia de zero a 1.

Iniciativas que aumentem a eficiência poderão receber bonificação na classificação geral de até 1 ponto, desde que a iniciativa seja justificada e tenha comprovada sua eficiência.

- a) Uso racional de água: economia anual mínima de 40%;
- b) Aquecimento solar: fração solar mínima de 70%;
- c) Fontes renováveis de energia: economia anual mínima de 10%;
- d) Cogeração: economia anual mínima de 30%;
- e) Inovações que promovam a eficiência energética: economia > 30%.

Caso exista economia em mais de um item, poderão ser combinadas, para alcançar a obtenção da bonificação.

Os equivalentes numéricos adotados (EqNum) para os níveis de eficiência de cada requisito são obtidos na tab. 4:

Tabela 4 Equivalente numérico para cada nível de eficiência (EqNum)

Nível	Eq Num
<b>A</b>	5
<b>B</b>	4
<b>C</b>	3
<b>D</b>	2
<b>E</b>	1



### 2.3.1 Método Prescritivo

Com o método prescritivo do RTQ-C é possível a avaliação do nível de eficiência energética da envoltória, do sistema de iluminação e do sistema de ar condicionado do edifício. Porém neste estudo, focou-se na metodologia de avaliação da envoltória no sentido de contribuir com o entendimento da análise dos resultados deste trabalho e na avaliação da sensibilidade do método quanto a incorporação de *brises* nas fachadas.

O método prescritivo classifica a eficiência da envoltória com base em um indicador de consumo (IC) que é obtido através de equações ponderadas que foram desenvolvidas por Carlo (2008) a partir de simulações do desempenho termoenergético de protótipos cujas tipologias representam edificações construídas no país. Os protótipos foram elaborados após um levantamento fotográfico que identificou características externas das edificações (área de janelas, tipo de vidro, existência e dimensões de proteções solares, número de pavimentos e forma), dando origem a cinco protótipos, cada qual com uma volumetria distinta e representativa de uma atividade comercial: hotéis, grandes e pequenos escritórios, grandes e pequenas lojas. Os protótipos representativos foram alterados para o pior caso de cada atividade comercial encontrado no levantamento e avaliados sob diversas situações. Medidas de conservação de energia foram aplicadas a um protótipo pouco eficiente, a fim de verificar suas relevâncias na eficiência energética. As medidas mais relevantes que compõem a envoltória fazem parte das equações de cálculo do indicador de consumo (LAMBERTS *et al.*, 2007).

Foram desenvolvidas duas equações por zona bioclimática, as 8 zonas bioclimáticas brasileiras (fig. 1), foram agrupadas em 5 grupos, pois as simulações não mostraram diferenças significativas entre os consumos de energia de edificações simulados nas referidas zonas agrupadas. Foram definidas duas equações por grupo no método prescritivo, uma para edifícios com áreas médias de projeção  $>500\text{m}^2$  e outra  $<500\text{m}^2$  para o cálculo do Indicador de Consumo (IC) da envoltória.

As equações para  $A_{pcob} >500\text{m}^2$  são válidas para um Fator de Forma mínimo permitido ( $A_{env}/V_{tot}$ ) mínimo ou utilizar limite inferior.

As equações para  $A_{pcob} < 500m^2$  são válidas para um Fator de Forma máximo permitido ( $A_{env}/V_{tot}$ ) máximo ou utilizar limite superior.

A seguir, mostra-se como exemplo as equações válidas para Edificações localizadas na zona bioclimática 3 (eq.6 e eq.7) foco deste estudo:

a)  $A_{pcob} \leq 500m^2$ :

Limite: Fator de Forma (FF) máximo ( $A_{env}/V_{tot}$ ) = 0,70

$$IC_{env} = -175,30 \times FA - 212,79 \times FF + 21,86 \times PAF_T + 5,59 \times FS - 0,19 \times AVS + 0,15 \times AHS + 275,19 \times FA/FF + 213,35 \times FA \times FF - 0,04 \times PAF_t \times FS \times AVS - 0,45 \times PAF_t \times AHS + 190,42$$

Equação 6

b)  $A_{pcob} > 500m^2$

Limite: Fator de forma mínimo ( $A_{env}/V_{tot}$ ) mín = 0,15

$$IC_{env} = -14,14 \times FA - 113,94 \times FF + 50,82 \times PAF_t + 4,86 \times FS - 0,32 \times AVS + 0,26 \times AHS - 35,75 / FF - 0,54 \times PAF_t \times AHS + 277,98$$

Equação 7

Onde:

PAFT = Percentual de Abertura na Fachada total (%)

FS = Fator Solar

AVS = Ângulo Vertical de Sombreamento

AHS = Ângulo Horizontal de Sombreamento

Carlo (2008), na etapa do estudo para o desenvolvimento das equações, padronizou alguns parâmetros para os protótipos estudados, que foram chamados de características primárias e referem-se aos parâmetros globais. Essas variáveis possuem impactos e grau de influência pouco previsíveis, são elas:

- Densidade de carga interna, DCI ( $W/m^2$ ) - foi simulado um modelo com sua densidade original, existente na edificação visitada e outro com uma densidade alternativa;
- Orientação Solar – O estudo dos efeitos da orientação foram realizados para as maiores as fachadas orientadas para Leste-Oeste e Norte-Sul;

- Eficiência do condicionador de ar - foi simulada com o condicionador de janela com eficiência A do INMETRO e outro de etiqueta G. Este modelo foi utilizado pela sua frequência nas edificações comerciais;
- Volumetria - utilizando a planta do pavimento tipo do modelo característico, o número de pavimentos foi variado e as demais características uniformizadas. Assim, a volumetria pode ser analisada como único fator impactante, possibilitando conhecer o seu impacto no consumo de energia.

As simulações com estes fatores apresentaram resultados quanto à influência no consumo de energia e demonstraram que a orientação solar, embora tenha apresentado influência nos resultados, causou menor impacto.

Medidas de Conservação de Energia (MCE) foram chamadas de características secundárias e foram sendo alteradas, utilizando valores encontrados entre os modelos representativos e os modelos ineficientes, visando à comparação de resultados na simulação. Essas medidas são:

- PJF - percentual de janela na fachada, variando de 15% a 75%, podendo ser utilizados valores até 90% porque apesar de serem menos representativos são utilizados;
- FS – Fator Solar do vidro, variando de 0,22 a 0,61;
- AVS e AHS- ângulos de sombreamento dos dispositivos de proteção solar, variando de 0°, sem proteção solar a 45°;
- $U_{par}$  – transmitância das paredes pesadas e leves;
- $U_{cob}$  – transmitância da cobertura.

Nesta etapa, foi analisado o potencial de cada variável através da simulação de 1956 alternativas de simulações para avaliação do envoltório, sendo 645 simulações para grandes escritórios. A aplicação das MCE provocaram o acréscimo ou a redução do consumo de energia independente das características primárias do modelo.

Para grandes escritórios, com elevados percentuais de área de vidro, maiores que 50% de PJF, a utilização de *brises* verticais demonstrou maior eficiência que em áreas menores.

Neste estudo foi excluída, a integração da luz natural com a artificial, justificada pelas limitações do programa Energy Plus na simulação da iluminação natural.

Os percentuais de área de janela na fachada (PJF) e tipo de vidros foram padronizados conforme a atividade, pela frequência encontrada, simplificando a análise. O PJF foi transformado em  $PJF_p$  representando o Percentual de Área de Janela ponderado entre todas as fachadas.

### **2.3.2 Método de simulação**

O segundo método envolve o desempenho global da edificação por simulação computacional, com o uso de um programa de análise do consumo de energia e do nível de conforto dos espaços internos dos edifícios, utilizando dados climáticos da localização da edificação. Este método compara o desempenho do edifício proposto com um de referência, com as características do nível de eficiência pretendido conforme orientação do RTQ-C. Deve ser provado que o consumo do edifício proposto é igual ou menor que o modelo de referência.

O método de simulação avalia cinco modelos, um real com as condições de projeto proposto e outros 4 de acordo com o método prescritivo, para cada nível de eficiência A, B, C, D e avalia o consumo anual de energia elétrica. A avaliação para o edifício real deve ser menor que do modelo de referência do nível pretendido.

A simulação pode ser utilizada para avaliar diferentes alternativas projetuais, visando a avaliação do melhor desempenho térmico através de um instrumento rápido e confiável, que poderá estimar as condições de temperatura e umidade e o respectivo consumo de energia para uma dada condição de conforto. Para tal, são utilizados os arquivos climáticos de referência para cada cidade estudada.

Em prédios naturalmente ventilados ou que possuam áreas de longa permanência não condicionadas, é obrigatório a comprovação por simulação que o ambiente interno das áreas não condicionadas mantém temperaturas dentro da zona de conforto durante 95% das horas ocupadas.

Segundo o RTQ-C, para poder ser utilizado, um programa de simulação termo-energética deve atender à ASHRAE Standard 140 (American Society of

Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers) que estabelece critérios para obter confiabilidade dos programas. Entre outros, o programa Energy Plus (E+) atende a ASHRAE Standard 140, sendo possível simular de hora em hora a carga térmica e os fluxos de calor através dos componentes da edificação, modelados detalhadamente, assim como os sistemas de condicionamento de ar e iluminação, calculando as temperaturas de cada um dos ambientes.

Os resultados obtidos na avaliação do envoltório por simulação computacional são representados por um equivalente numérico. O número de pontos resultante indica a classificação parcial da envoltória conforme tab. 4.

### **2.3.3 Limitações do RTQ na avaliação da envoltória**

No estudo para o desenvolvimento das equações para avaliação da eficiência do edifício, focando somente no consumo de energia, Carlo (2008) analisou as características que necessitavam ser incluídas para o desenvolvimento da equação multivariada e incluiu Densidade de Carga Interna, Padrão de Uso, Volume e Medidas de Conservação de Energia - MCE. Foram excluídas, no entanto, a eficiência do sistema do ar condicionado e a orientação das maiores fachadas, consideradas de baixo impacto nos resultados.

Devido à variação de geometria e na impossibilidade de uma única equação de regressão linear descrever com precisão este item, Carlo (2008) criou duas equações: para Área de Projeção de Cobertura (Apcob) maiores e menores que 500m<sup>2</sup>, com limitação do Fator Forma (FF), ou seja, de sua volumetria.

Considerando a restrição nos Fatores de Forma nas equações, os consumos não poderão ser válidos para qualquer edificação. Os resultados podem ser considerados apenas Indicadores de Consumo (IC) que representem variações de eficiência em decorrer do envoltório.

O RTQ-C ao fixar, para as equações do cálculo de IC, ângulos máximos de sombreamento AHS e AVS de 45°, com exceção para zonas 6 e 8 onde o limite máximo é de AVS 25°, visa, segundo seu Manual, “evitar uso de proteções excessivas que possam prejudicar a penetração da luz natural difusa nos ambientes internos” (BRASIL, 2010c). Ocorre que este último, além de mais restritivo, é fixado para as diferentes latitudes das cidades incluídas nas zonas 6 e 8, que possuem

climas muito distintos, não levando em consideração a orientação da fachada onde as proteções serão inseridas. Assim, o método prescritivo deverá classificar no mesmo Nível de Eficiência Energética, essa gama de possibilidades (fixadas as demais variáveis).

A utilização de protetores solares em aberturas é um importante recurso de redução dos ganhos térmicos e garantem o aumento de eficiência energética quando bem dimensionados e bem empregados com relação à orientação da fachada. Porém sua simples utilização não garante a melhoria das condições de conforto e eficiência, é necessário o seu emprego adequado (FONTENELLE e SANTOS, 2011).

Rodrigues, Dias e Pedrini (2011) ao analisar grandes aberturas sombreadas para clima quente e úmido concluiu que o método prescritivo penaliza grandes aberturas ainda que sombreadas no clima quente e úmido e não estimula o sombreamento como medida de eficiência energética.

O método prescritivo, ao considerar a média dos ângulos distribuídos nas fachadas, produz erros e incertezas. Para obterem-se melhores resultados seria mais indicado o uso de máscara de sombras que é capaz demonstrar com precisão quando uma superfície é sombreada.

Carlo e Lamberts (2010) alertam que o método prescritivo foi estabelecido como um conjunto de regras gerais para avaliar a eficiência de um edifício e pode ser aplicável a maioria dos edifícios do país, porém alguns casos só poderão ser avaliados por simulação como aqueles edifícios que adotam soluções de luz natural, ou sistemas alternativos de climatização.

Ao estudar a influência do percentual de aberturas nas fachadas e o fator solar do vidro na etiquetagem, Yamakawa e Westphal (2011) compararam os dois métodos, nos resultados da avaliação da envoltória de 12 modelos de edifícios de escritório em Florianópolis, ao variarem o PAFt e o FS simultaneamente. Os modelos com menor área de abertura de janelas, mesmo os que apresentaram maior consumo de energia por simulação, obtiveram melhor classificação pelo método prescritivo que aqueles com maior PAFt, vidros de alta performance e baixo consumo de energia.

Fazendo uma avaliação comparativa entre o método prescritivo e o método de simulação para a determinação do nível de eficiência da envoltória, Melo *et al* (2011) observaram que o uso de modelo simplificado resultou em níveis da envoltória inferiores ao Método de Simulação para as tipologias estudadas, demonstrando as limitações do método simplificado para a avaliação da envoltória.

### **3 METODOS**

Para atender aos objetivos especificados neste trabalho, adotou-se uma metodologia que permitiu avaliar o alcance e a sensibilidade do método prescritivo, no que se refere à adoção de *brises* como uma alternativa para a eficiência energética de edificações comerciais, neste caso, mais especificamente, escritórios, na zona bioclimática 3. Utilizou-se para a simulação computacional o programa *DesignBuilder* com arquivo climático: PortoAlegre-TRY.epw, Latitude -30°, Longitude -51.18° e 8760 horas do ano

Trabalhou-se com o modelo de uma edificação característica da atividade de escritórios, que de agora em diante será chamado de modelo-base. Nele projetou-se a implantação de *brises* nas fachadas, com o objetivo de verificar as alterações que estes dispositivos de proteção solar poderiam provocar no desempenho termo-energético da edificação, utilizando a simulação computacional. O consumo de energia, estimado para manter as condições de conforto no modelo, serviu para a classificação do nível de eficiência energética da envoltória pelo método de simulação e, também, foi a base para a avaliação da sensibilidade do método prescritivo do RTQ-C quanto à inserção de *brises* ao modelo-base.

#### **3.1 Definição do modelo-base**

A definição do modelo-base para este estudo baseou-se nos registros de Carlo (2008). A autora, através de levantamento fotográfico em 5 capitais brasileiras, obteve uma amostra de 1103 edificações com uso exclusivo de apenas uma atividade comercial, onde a atividade de escritório representou 26,2% do total da amostra entre 10 atividades comerciais e institucionais encontradas. O modelo foi identificado por Carlo (2008), com o nome de grandes escritórios e caracterizado como edificação vertical, área de pavimento tipo menor que 500m<sup>2</sup>, 5 pavimentos, forma retangular, proporção das fachadas maior de 3:1.

Essa tipologia de escritórios pode apresentar variações significativas e, para o desenvolvimento deste trabalho, fez-se necessário adotar uma tipologia que fosse representativa deste uso.

Melo *et al* (2011), adotou a mesma tipologia de Carlo (2008) para escritórios em seu trabalho, considerando que essas são as características atualmente encontradas na arquitetura brasileira.

Outros trabalhos descrevem as tipologias usuais de escritórios em algumas capitais como, por exemplo, o trabalho de Felix (2006) para São Paulo, o trabalho de Santana (2006) para Florianópolis e de Lima (2007) para Brasília.

Por ter utilizado dados de 5 capitais em uma amostra significativamente grande e representativa, adotou-se o modelo-base descrito por Carlo (2008).

Para a maior abrangência dos resultados, trabalhou-se com a variação da orientação da maior fachada do modelo de escritório, usando norte/sul e leste/oeste, embora os estudos desenvolvidos por Carlo (2008) não tenham apresentado diferenças significativas para esta característica.

De um modo geral, buscou-se adotar para o modelo-base, as mesmas condições de contorno adotadas por Carlo (2008). Algumas condições tiveram que ser reformuladas para atender aos pré-requisitos do RTQ-C. As condições de contorno utilizadas na modelagem são as apresentadas na tab.6.

Os valores utilizados para transmitância e absorvância de paredes e cobertura foram baseados nos pré-requisitos estabelecidos pelo método prescritivo do RTQ-C para Zona 3, Nível de Eficiência Energética (EE) "A". São eles:

- Transmitância térmica da cobertura ( $U_{cob}$ ) de ambientes condicionados  $< 1,00 \text{ W/m}^2\text{K}$ ;
- Transmitância térmica das paredes externas ( $U_{par}$ )  $< 3,7 \text{ W/m}^2\text{K}$ ;
- Cores e absorvância solar  $< 0,50$  para revestimento externo de paredes;
- Cores e absorvância solar de coberturas  $< 0,50$ .

Tabela 6 Parâmetros do modelo-base

Parâmetros		Variáveis	Referência
<b>Funcionamento das Aberturas</b>		fechadas	Uso somente do ar condicionado para manter as condições de conforto.
<b>Temperatura de <i>Setpoint</i></b>		18°C e 24°C	<i>Setpoint</i> de acordo com aqueles adotados por Carlo (2008), utilizados para desenvolver a metodologia de avaliação do envoltório das edificações não-residenciais
<b>Padrão de uso (horas)</b>	Ocupação	Das 8-12h e das 14- 18h	Definido como o horário de expediente do escritório.
	Equipamentos	Das 8-18h	Definido como o horário que os equipamentos permanecem ligados, inclusive o ar condicionado.
	Iluminação	Das 8-22h	Período de expediente, intervalo de almoço e horário de limpeza do prédio.
<b>Piso</b>		Cerâmico 5mm	Opção adotada por este estudo
<b>Contato do piso com o solo</b>		Adiabático	Baseado nas características encontradas por Carlo (2008) para este tipo de edifício, com uso de garagem no subsolo.
<b>Entorno</b>		Coefficiente de Rugosidade 0,33	Dados do Programa <i>Designbuidier</i>
<b>Vidro</b>	Cor	cinza	Conforme os parâmetros do modelo de Carlo (2008)
	Espessura	3mm	
	Película	incolor	
<b>Densidade</b>	Ocupação	0,09 pess./m <sup>2</sup>	1 pessoa para cada 11m <sup>2</sup> - NBR16401-1 (ABNT,2008)
	Carga de equipamentos	10,7 W/m <sup>2</sup>	Conf. NBR16.401 (ABNT,2008)
	Potência e iluminação- DPI	9,7 W/m <sup>2</sup>	Para o nível de eficiência A (pretendido); conforme tab.4.1 RTQ-C para escritórios.
<b>Taxa de infiltração (nºde trocas)</b>		0,5 trocas/h	Índice adotado por Carlo (2008) para o uso de escritórios
<b>Sistema de ar condic.</b>	Tipo de sistema/ Eficiência	Split hi-wall / Padrão "A" COP 3,19 W/W	Dados extraídos do RTQ-C para o caso de edifícios sem projeto de ar condicionado
	Capacidade de atendimento	100% horas de expediente	
	Temperatura de insuflamento	11°C de diferença para <i>setpoint</i>	

Utilizou-se as seguintes configurações para cobertura e paredes:

- a) Cobertura: 4 camadas compostas por laje de concreto 100 mm/ lâ de vidro 32 mm/ câmara de ar 15 mm/ telha de fibrocimento 8mm;
- b) Paredes: Considerando 80% do fechamento com vidro, as paredes foram representadas pelas vigas que separam os pavimentos, com 30 cm de espessura;

O Percentual de Área de Fachada total (PAF) utilizado foi característico do envoltório de um modelo de edificação ineficiente, com baixo desempenho, cujo percentual de área de fachada é de 80%. Desta forma, estabeleceu-se uma situação de grande exposição do edifício à radiação solar, onde o desempenho dos *brises* puderam ser testados.

Segundo Carlo (2008, p.97) “há edificações com tais áreas envidraçadas na paisagem urbana e a pior situação deve ser representada pelo caso base de forma a inserir melhorias nas alternativas durante o processo de simulação”.

Para definir-se a volumetria do modelo-base, considerou-se os dados do caso-base de simulação utilizado por Carlo (2008), chamado de grandes escritórios, apresentados na tab. 7.

Tabela 7 Características do Modelo-base

Orientaç. Solar Maior fachada	Atividade	Nº pavimentos	PAF <sub>T</sub> (%)	Fator Solar	Dimensão (m)	Pé Direito (m)	Área <sub>total</sub> (m <sup>2</sup> )	Fator Forma	Fator Altura Área <sub>cob</sub> /Área <sub>tota</sub>	U <sub>par P</sub> W/m <sup>2</sup> K	U <sub>cob</sub> W/m <sup>2</sup> K	α <sub>par</sub>	α <sub>cob</sub>
N/S	Grandes escritórios	5	80	0,83	7,5x27x13	2,60	1012,5	0,42	0,20	3,13	0,99	0,49	0,49
L/O	Grandes escritórios	5	80	0,83	7,5x27x13	2,60	1012,5	0,42	0,20	3,13	0,99	0,49	0,49

Fonte : adaptado de Carlo, 2008

A planta foi dividida em 3 zonas térmicas, duas com ocupação de permanência prolongada - escritórios- e uma relativa a ocupação transitória – circulação. Somente as áreas de ocupação permanente foram condicionadas. Em face das dimensões reduzidas das salas de escritórios, considerou-se apenas uma

zona térmica por sala, dispostas nas extremidades da planta conforme indicação na fig. 18 e 19.

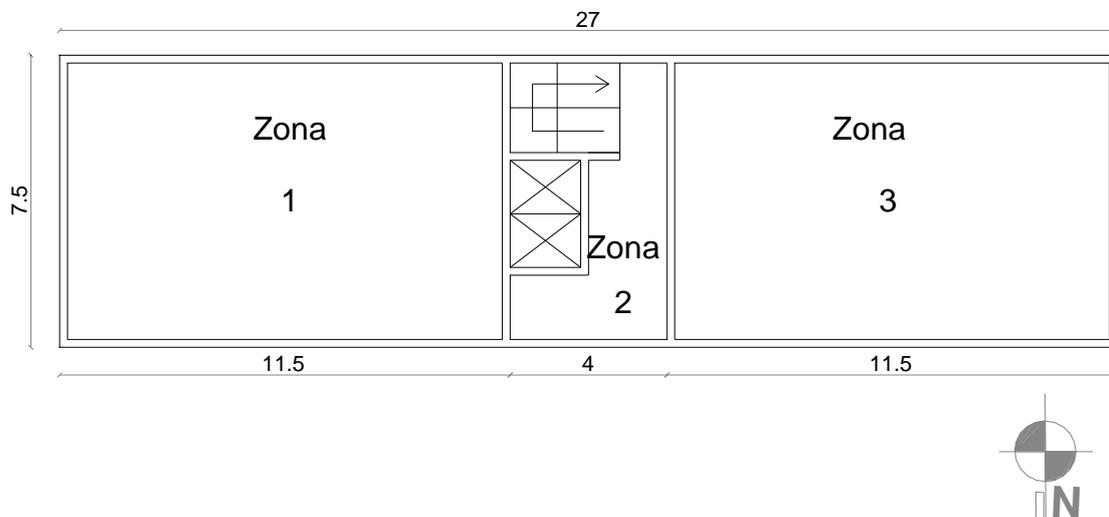


Figura 18 Modelo NS- pavimento tipo escritórios (zona central não condicionada)

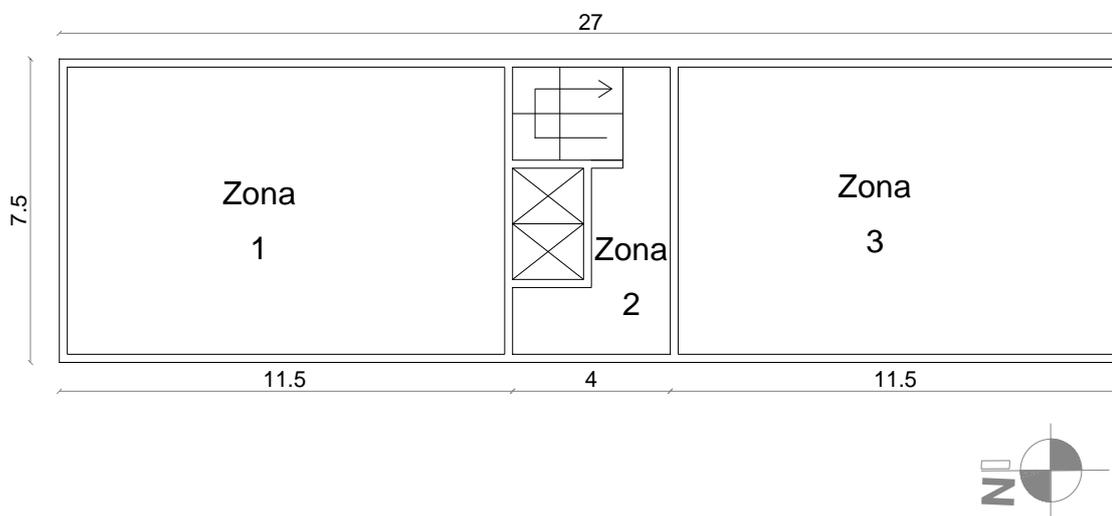


Figura 19 Modelo LO - pavimento tipo escritórios (zona central não condicionada)

Os dois modelos originais foram chamados de modelo NS (modelo com orientação da maior fachada Norte/Sul) – fig. 20 e LO (Modelo com orientação da maior fachada Leste/Oeste) – fig. 21.

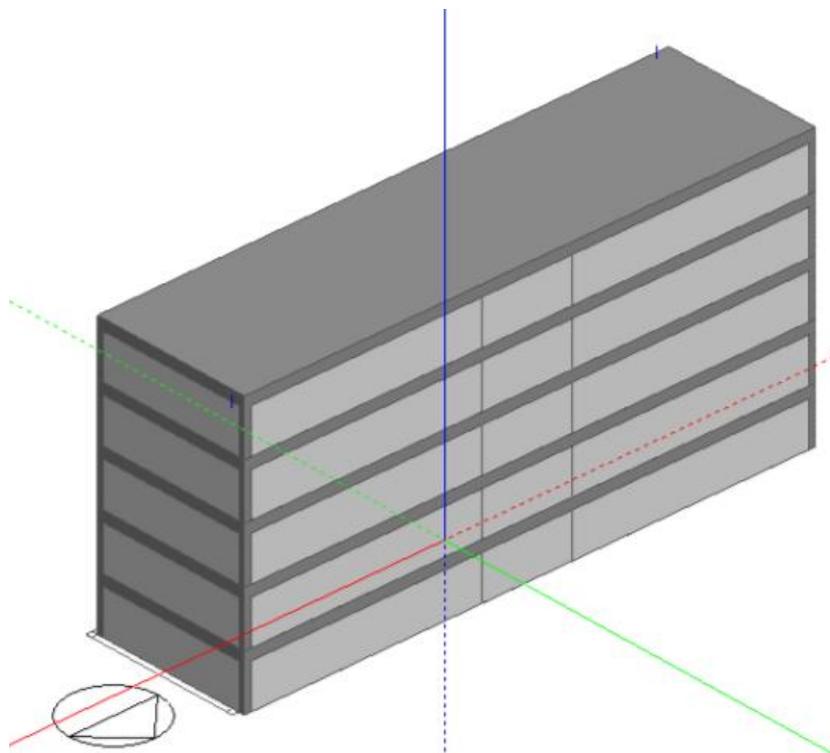


Figura 20 Perspectiva do volume do modelo base NS

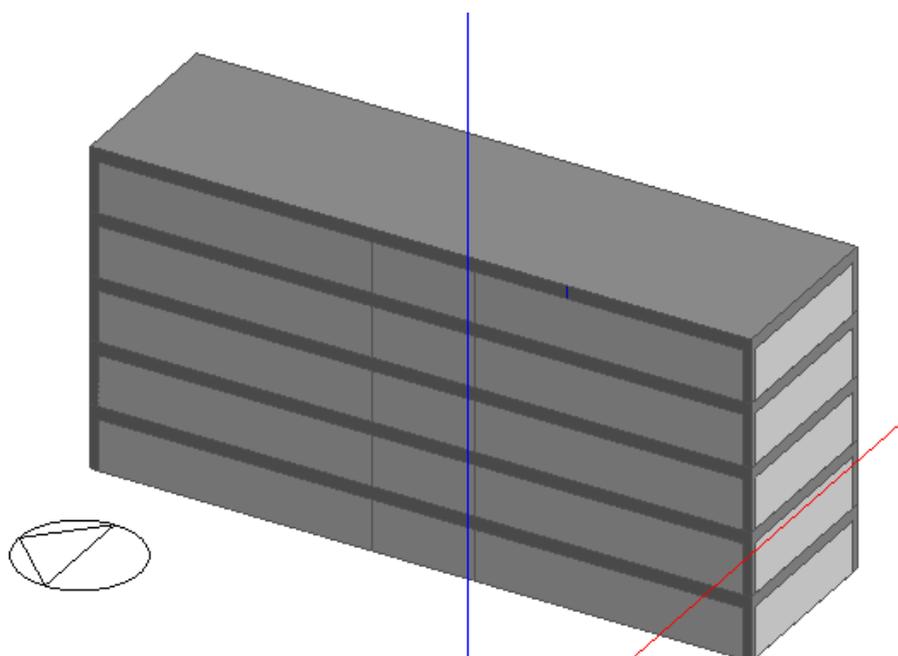
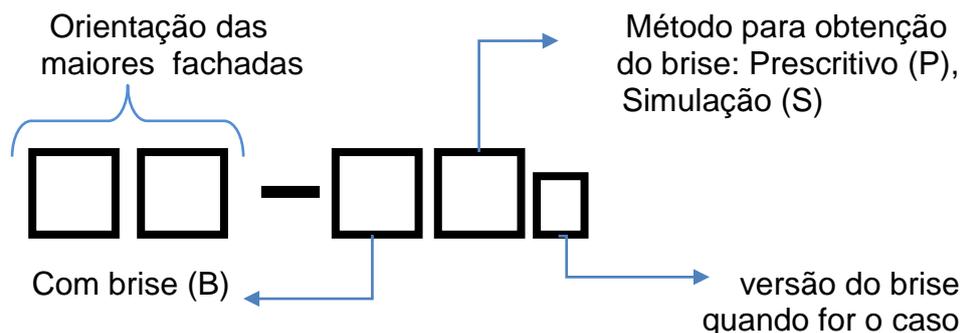


Figura 21 Perspectiva do volume do modelo base LO

### 3.1.1 Nomenclatura adotada para os modelos estudados

Com vistas a facilitar a identificação das variações do modelo-base que foram estudadas, apresenta-se a seguir, as regras de nomenclatura que foram adotadas para identificar cada um dos modelos.



Exemplo:

NS – BP { NS- Orientação Norte/Sul  
BP- Com brise/ Met. Prescritivo

### 3.2 Avaliação do desempenho do modelo-base conforme o RTQ-C

O modelo-base definido na etapa anterior foi avaliado, segundo o RTQ-C, pelos métodos prescritivo e por simulação.

#### 3.2.1 Método de simulação

De acordo com o RTQ-C, “o método de simulação compara o desempenho do edifício proposto (real) com um edifício similar (de referência), cujas características devem estar de acordo com o nível de eficiência pretendido” (MME, 2010).

A avaliação pelo método de simulação baseou-se em modelos de referência que foram gerados a partir de modelos-base NS e LO, com o mesmo arquivo climático, padrão de uso e operação do sistema, sistema de ar condicionado, DCI de equipamentos e padrão de ocupação, de acordo com o RTQ-C (MME, 2010). Estes

modelos serviram de parâmetro para a classificação dos níveis de eficiência energética A, B, C e D de acordo com os gastos com energia elétrica da envoltória, projetados através do programa *DesignBuider*.

A construção dos modelos de referência seguiu os requisitos do RTQ-C, item 6.2.1.3:

- a) Cálculo de um novo Percentual de Abertura de Fachada Total;
- b) As alterações na cobertura e nas paredes em função dos valores específicos para transmitância térmica ( $U_{cob}$  e  $U_{par}$ ) e absotância para ambientes condicionados, nos limites definidos pelo RTQ-C para os modelos de referência níveis A,B.C e D;
- c) O uso de vidro simples;
- d) A ausência de *brises*;
- e) O sistema de iluminação e ar condicionado de acordo com o nível de eficiência pretendido.

Os resultados das simulações serviram de referência para cada nível. As variações da orientação da maior fachada ora Leste/Oeste, ora Norte/ Sul foram consideradas, gerando um total de 8 modelos simulados: NS níveis A, B, C, D, e LO níveis A, B, C e D.

O novo  $PAF_t$  foi calculado utilizando a fórmula do  $IC_{env}$  do edifício, para zona três, do item 3.3 do RTQ-C, com volumetria igual ao modelo base e os valores de  $IC_{env}$  no limite máximo do intervalo do nível de eficiência desejado.

A tabela 8 apresenta os valores adotados nas características do edifício para simulação de cada modelo de referência.

Tabela 8 Valores adotados para modelos de referência

NIVEL	PAF t (%)	Transmitância Cobertura (W/m2.K)	Transmitância Parede (W/m2.K)	COEF. ABSOR. COBERT.	COEF. ABSOR. PAREDE	Fator Solar	AVS, AHS
<b>A</b>	23,35	1,0	3,7	0,5	0,5	0,87	0
<b>B</b>	35,47	1,5	3,7	0,5	0,5	0,87	0
<b>C</b>	47,55	2,0	3,7	0,5	0,5	0,87	0
<b>D</b>	59,58	2,0	3,7	0,5	0,5	0,87	0

Considerou-se, conforme indicação do RTQ-C, a Densidade de Potência de Iluminação (DPI) - método da área do edifício para a função de Escritório, conforme os valores indicados na tab. 9.

Tabela 9 Valores de DPI – adotados para os modelos de referência

Nível	A	B	C	D
DPI <sub>i</sub> (W/m <sup>2</sup> )	9,7	11,20	12,60	14,10

Os valores utilizados para o Coeficiente de Performance (COP) adequados ao sistema de ar condicionado utilizado – split hi-wall, variou conforme o nível de classificação pretendido (a,b,c,d) informados na tab. 10.

Tabela 10 Valores de COP - adotados para os modelos de referência

Nível	A	B	C	D
COP (W/W)	3,21	3,01	2,81	2,61

De posse destes dados de referência, foi possível avaliar o nível de desempenho da envoltória do modelo base por simulação, com as orientações Leste/Oeste e Norte /Sul para a maior fachada, sem a presença de *brises*. Estes resultados serviram de referência para avaliar a inserção de melhorias a estes modelos

### 3.2.2 Método prescritivo

Aplicando-se o método prescritivo, segundo o RTQ-C, foi avaliado o atendimento de pré-requisitos específicos para Zona Bioclimática 3, utilizando os procedimentos de cálculo indicados para obter-se o Indicador de Consumo da envoltória do modelo base proposto. Quanto menor o indicador obtido, mais eficiente a envoltória. Esta avaliação serviu para avaliar a sensibilidade do método quanto à inserção de melhorias no modelo base.

O edifício que possui Área de projeção -  $A_{pe} < 500m^2$ , na Zona Bioclimática 3, teve seu Indicador de Consumo – IC - avaliado segundo a seguinte Equação 3.5 do RTQ-C, reproduzida abaixo (eq.8).

$$IC_{env} = -175,30.FA - 212,79.FF + 21,86.PAF_t + 5,59.FS - 0,19.AVS + 0,15.AHS + 275,19.FA/FF + 213,35.FA.FF - 0,04.PAF_t.FS.AVS - 0,45.PAF.AHS + 190,42$$

Equação 8

Onde:

FA = Fator altura ( $A_{pcob}/A_{tot}$ );

FF = Fator Forma ( $A_{env}/V_{tot}$ );

PAF<sub>t</sub> = Percentual de abertura de fachada total;

FS = Fator Solar;

AVS = Ângulo vertical de sombreamento;

AHS = Ângulo horizontal de sombreamento.

O Indicador de consumo calculado foi comparado aos valores de uma escala numérica que classificou o modelo.

Utilizou-se como ferramenta o programa *WebPrescritivo* (fig. 22) que é um serviço web de avaliação da Eficiência Energética do edifício, que simplifica a aplicação do método prescritivo. Pelo fato do método prescritivo não considerar a orientação solar na avaliação da eficiência do edifício, tanto o modelo NS quanto LO entram com os mesmos dados no *WebPrescritivo*, pois a única variação entre eles é a orientação da maior fachada.

**WebPrescritivo**  
 Ferramenta de Avaliação de Eficiência Energética de Edificações Comerciais pelo Método Prescritivo do RTQ-C Envolvória

Logos: FINEP, LabEEE, UFSC, PROCEL EDIFICAÇÃO, pbe, Eletrobras

Pré-requisitos

Localização:  
 Zona Bioclimática **ZB 3**  Cidade: Água Branca AL

Dados Dimensionais da Edificação:  
 A<sub>TOT</sub> 1012.5 m<sup>2</sup> FA: 0.20  
 A<sub>PCOB</sub> 202.5 m<sup>2</sup>  
 A<sub>PE</sub> 202.5 m<sup>2</sup>  
 V<sub>TOT</sub> 2635.5 m<sup>3</sup> FF: 0.42  
 A<sub>ENV</sub> 1099.5 m<sup>2</sup>

Características das Aberturas:  
 FS 0.83  
 PAF<sub>T</sub> 80 %  
 PAF<sub>O</sub> 80 %  
 AVS 0  
 AHS 0

222.27 224.92 227.57 230.21 232.84  
 238.44

A B C D E

Etiqueta  
 Conforme a Portaria nº. 372, de 17 de setembro de 2010 do INMETRO.

**Envolvória**

Zona Bioclimática: 3

Mais eficiente  
 A  
 B  
 C  
 D  
 E  
 Menos eficiente

Calcular Eficiência Limpar

Figura 22 Tela de apresentação do programa WebPrescritivo.  
 Disponível em <http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/webprescritivo/index.html>

### 3.3 Projeto de *brises* eficientes para os modelos-base

Foram projetados *brises* para os modelos-base NS e LO visando a obtenção de Nível de EE “A” para sua a envoltória. O projeto baseou-se na carta solar para a latitude da cidade de Porto Alegre, utilizando o programa *Sol-AR 6.2* (disponível em <http://sol-ar.software.informer.com/6.2/>), que possibilitou a escolha da máscara de sombra desejada, de acordo com os ângulos de projeção sobre o transferidor de ângulos, e dos intervalos de temperatura anuais correspondente a trajetória solar ao longo do ano para a insolação das fachadas norte, leste, sul e oeste do modelo-base representadas nas figuras 23, 24, 25 e 26.

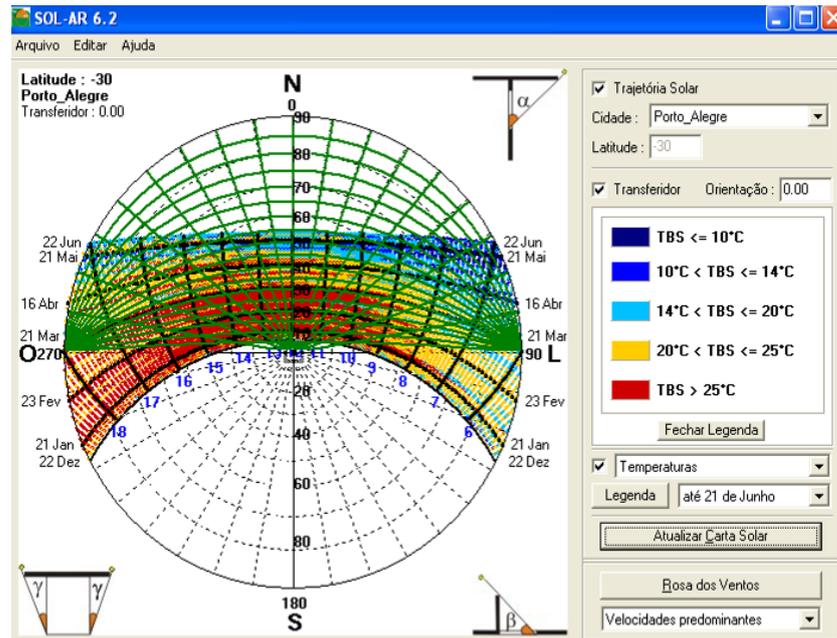


Figura 23 Carta solar e temperaturas anuais para fachada Norte

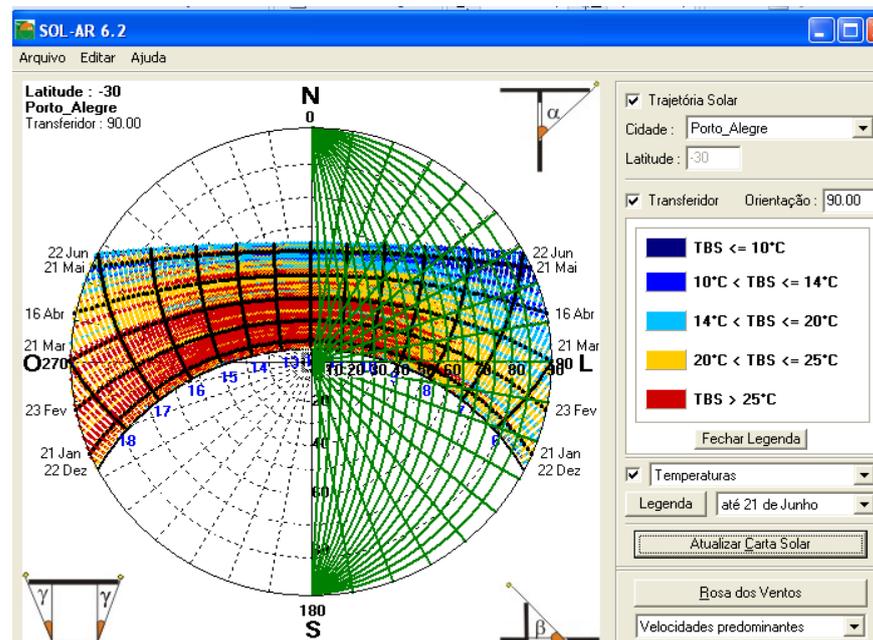


Figura 24 Carta solar e temperaturas anuais para fachada Leste

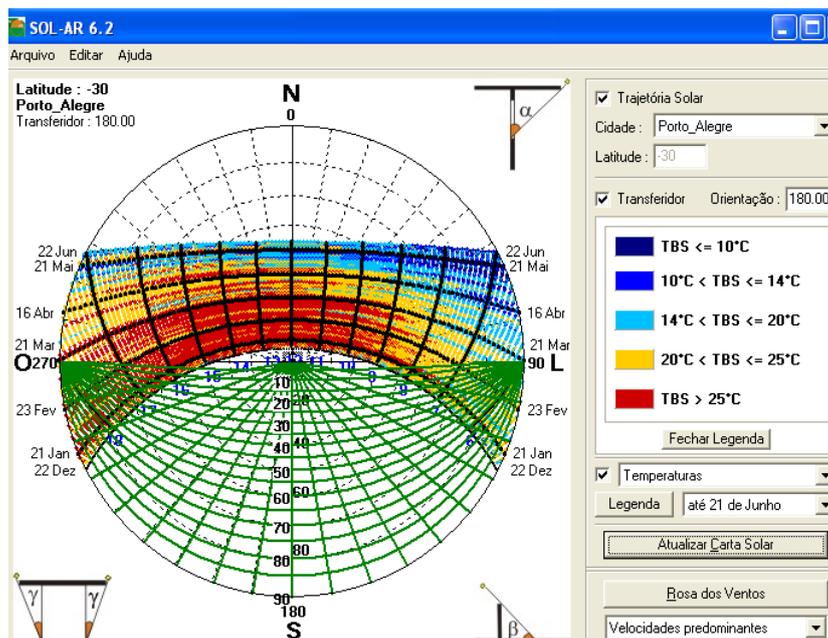


Figura 25 Carta solar e temperaturas anuais para a fachada Sul

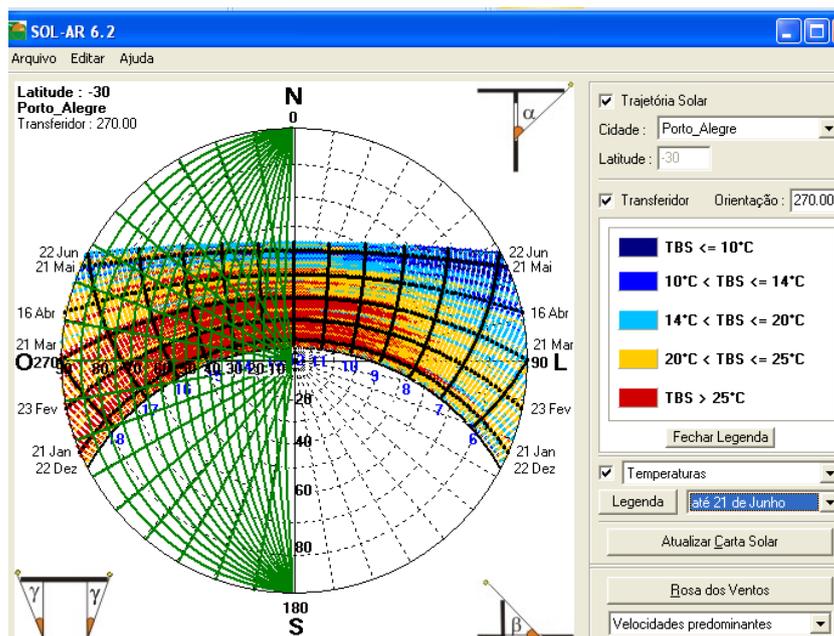


Figura 26 Carta solar e temperaturas anuais para fachada Oeste.

A máscara de sombras visou proteger as aberturas para os meses e horários onde a temperatura correspondente à trajetória solar é maior que 25°C, visualizada na cor vermelha na carta solar, conforme legenda apresentada nas figuras 23 a 26 e onde ocorre a maior intensidade de radiação na fachada.

Depois de definido o projeto de *brises* para cada fachada, foi criado um modelo em 3D do modelo-base com a inserção dos *brises* (fig. 27), através do programa *SketchUp8* (disponível em <http://sketchup.google.com/download/>), que possibilitou um estudo do rastreamento horário e diário de sombras dentro do edifício, ao longo do ano. Nesta etapa foi analisado principalmente, o sombreamento provocado pelos *brises* durante o verão e o inverno. Este mecanismo serviu para uma primeira avaliação de eficiência destes dispositivos.



Figura 27 Modelo base com brises em 3D

Na sequência, após a conferência do sombreamento interno desejado, foram criados os modelos NS-BS<sub>1</sub> e LO-BS<sub>1</sub>. Esses foram simulados no programa *DesingBuider* que projetou os gastos anuais com energia elétrica para manutenção das condições de conforto interno estabelecidas pelo *setpoint* e foram classificados conforme os modelos de referência.

Os modelos com *brises* tiveram seus balanços térmicos analisados mais detalhadamente e a partir desta análise buscou-se otimizar o projeto dos *brises*.

### 3.4 Avaliação dos modelos com brises pelo método prescritivo.

Com a finalidade de verificar o nível de eficiência alcançado pelos modelos NS e LO com brise, projetados para Nível de EE “A” por simulação, foram submetidos à avaliação pelo método prescritivo, utilizando o programa

*WebPrescritivo*. O objetivo foi confrontar os métodos de avaliação (simulação e prescritivo) para verificar o alcance e a sensibilidade deste último, no que se refere à utilização de *brises* comprovadamente eficientes.

### **3.5 Projeto de *brises* para o modelo base a partir do método prescritivo.**

Utilizando o programa *WebPrescritivo*, testou-se combinações de ângulos médios AVS e AHS, para utilização de *brises* nas fachadas dos modelos-base NS e LO, com o objetivo de classificá-los com Nível de EE “A” pelo método prescritivo.

Procurou-se a combinação dos menores ângulos médios AHS e AVS para os *brises* com vistas a não sombrear excessivamente as fachadas, o que poderia prejudicar a insolação no período de inverno, diminuindo a eficiência energética e aumentando os gastos com energia elétrica do ar condicionado, para manter o prédio nas condições de conforto.

Os menores ângulos médios AHS e AVS, que apresentaram os melhores resultados, foram utilizados nos *brises* sem o auxílio das ferramentas de projetos, focando apenas os resultados da avaliação pelo método prescritivo.

Nesta etapa, conservando-se os melhores ângulos médios AHS e AVS, simulou-se 3 distribuições distintas de *brises* nas fachadas de cada modelo, obtendo-se 6 configurações diferentes..

### **3.6 Avaliação por simulação dos *brises* obtidos pelo método prescritivo**

Os 6 modelos já avaliados, que obtiveram Nível EE “A” pelo método prescritivo foram modelados no programa *DesignBuilder* e avaliados pelo método de simulação. Os resultados foram classificados quanto ao Nível de Eficiência Energética e comparados àqueles resultados obtidos pelo método prescritivo.

### **3.7 Avaliação do modelo-base com menor PAFt**

Uma variação no percentual de abertura de fachada com valor de PAFt-47,5% foi criada para possibilitar a avaliação da eficiência do *brise* em modelos com

PAFt menores que 50%, considerando que este percentual aparece como predominante no modelo de escritório encontrado no estudo de Carlo (2008).

Esta análise consistiu em avaliar a relação do percentual de abertura de fachada com a eficiência do uso de brises projetados segundo as ferramentas de projeto apresentadas no item 3.3., comparando os gastos com energia elétrica com ar condicionado dos modelos com e sem brise, com a variação do PAFt de 47,5% para 80%.

Para identificar esta variação de modelos, acrescentou-se o número 2 na frente da nomenclatura adotada no item 3.1.1

2NS- modelo base sem brise simulação PAFt 47,5%

2LO- modelo base sem brise simulação PAFt 47,5%

2NS-BS- modelo com brise simulação PAFt 47,5%

2LO-BS - modelo com brise simulação PAFt 47,5%

### **3.8 Análise comparativa de Eficiência Energética dos modelos estudados**

Foram apresentados em um relatório de uso final de energia, o resultado dos gastos anuais com o funcionamento de equipamentos, iluminação e ar condicionado para cada um dos modelos simulados. Todos os resultados foram classificados com o nível de eficiência energética pelo método de simulação.

Apresentou-se também os indicadores de consumo (IC), obtidos pelo método prescritivo e a classificação de cada um dos modelos estudados. Desta forma, foi possível a comparação da classificação do nível de eficiência energética dos modelos, por ambos os métodos.

Avaliou-se ainda as diferenças em percentuais de consumos e de IC de cada modelo em relação ao modelo base.

O percentual de economia de energia com o uso do ar condicionado entre os modelos com *brise* e sem *brise*, criaram um outro parâmetro de comparação e eficiência energética baseada na economia de energia elétrica anual com o ar condicionado.

## 4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

### 4.1 Avaliação do modelo-base método prescritivo

A avaliação do modelo-base pelo método prescritivo (NS e LO) foi feita utilizando o programa WebPrescritivo, que classificou o nível de eficiência da envoltória como “E”, tanto para NS quanto para LO (fig. 28). Pelo fato do método não considerar a orientação solar do edifício, e orientação das fachadas e aberturas, os dados inseridos para a avaliação são idênticos e os dois modelos classificaram-se da mesma forma.

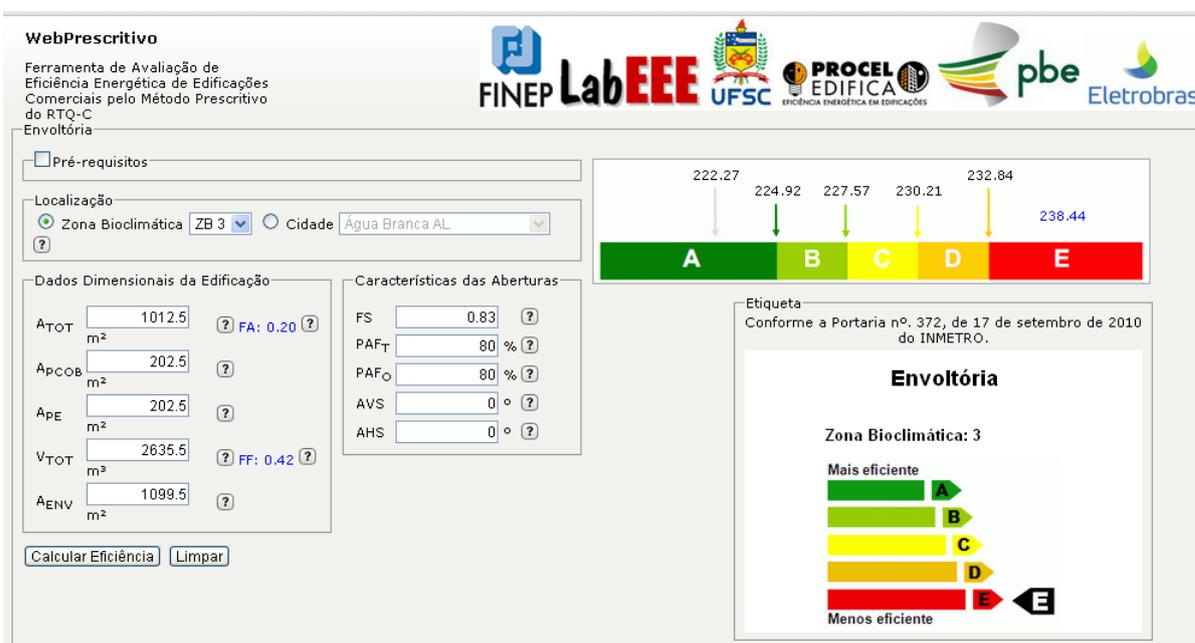


Figura 28 A avaliação do modelo base (NS e LO) pelo programa WebPrescritivo. Disponível em: <http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/webprescritivo/index.html>

## 4.2 Avaliação do modelo base pelo método de simulação

Para a avaliação do modelo-base pelo método de simulação, inicialmente simulou-se os modelos de referência que obtiveram os resultados da tab. 11.

Tabela 11 Consumo energético para os modelos de referência

Modelo	Nível EE	Consumo Total Anual (kWh)
NS	A	81.729
	B	89.786
	C	100.440
	D	110.116
LO	A	83.932
	B	92.364
	C	106.763
	D	116.970

Os valores de consumo de energia total anual dos modelos simulados deverão ser comparados àqueles modelos de referências por nível, e deverão possuir valores menores que o nível de referência.

Aplicando esta metodologia e analisando os dados de consumo de energia anual dos modelos NS e LO, apresentados na tab. 12, observa-se que o modelo LO tem um consumo 6,7% superior ao modelo NS. Ambos, no entanto, foram classificados com Nível de EE “C” para a envoltória, através do método de simulação, ou seja, dois níveis acima do obtido pelo método prescritivo, em que atingiram Nível EE “E”.

Tabela 12 Consumo anual dos modelos e nível de eficiência por simulação

Modelo	Consumo Ar Cond. Anual (kWh)	Consumo total Anual (kWh)	Nível de EE
NS	35.046	94.248	C
LO	41.348	100.550	C

O elevado consumo de energia verificado deve-se, em parte, ao alto percentual de área de abertura em todas as fachadas. O modelo LO, que possui as maiores fachadas orientadas para Leste e Oeste, apresentou o maior consumo de energia elétrica para o funcionamento do ar condicionado, o que conduz à conclusão de que os 18% a mais no consumo do ar condicionado do que o modelo NS, deve-

se unicamente, à orientação solar das maiores fachadas do edifício, que não possuem qualquer sombreamento. Estes resultados contrariam as conclusões de Carlo (2008) em seu estudo, pois a influência da orientação solar na eficiência energética do edifício foi considerada significativa neste caso. Considerando que o consumo com ar condicionado é o único que varia, pois os gastos com iluminação e equipamentos são fixos.

### 4.3 Projeto de brise para o modelo base

Através do estudo da carta solar visou-se o maior sombreamento das fachadas do modelo-base com a inserção de *brises* produzindo máscaras de sombra consideradas eficientes conforme figuras 29, 30, 31, 32.

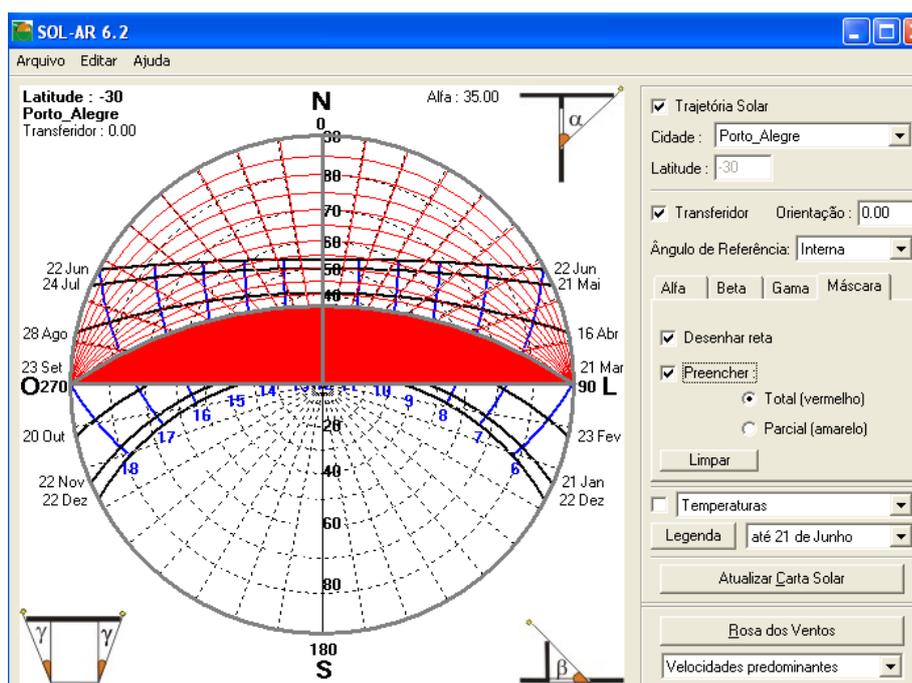


Figura 29 Máscara de sombras para fachada Norte AVS = 35°

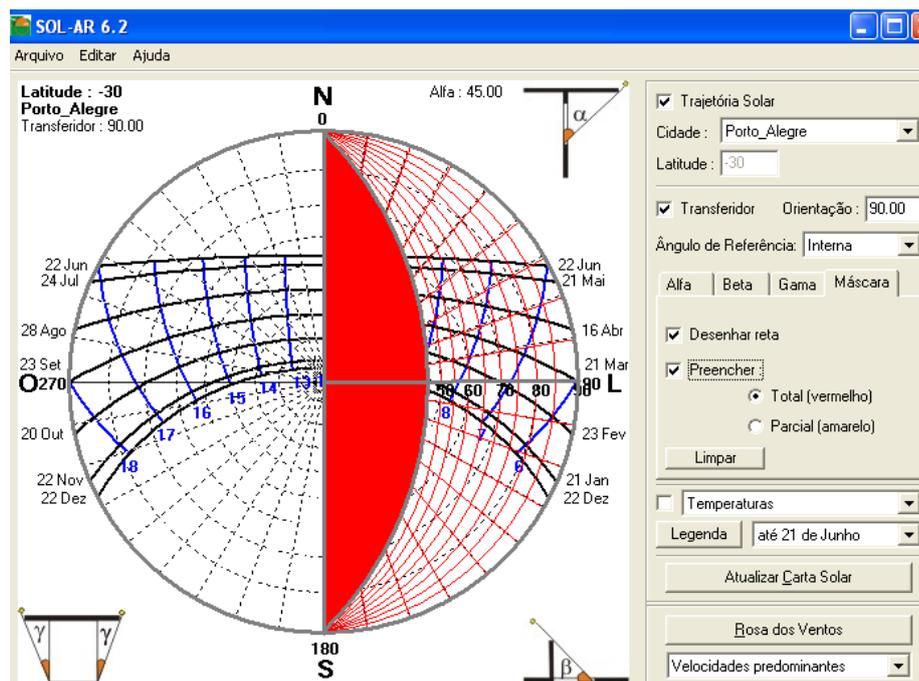


Figura 30 Máscara de sombras para fachada Leste AVS-45°

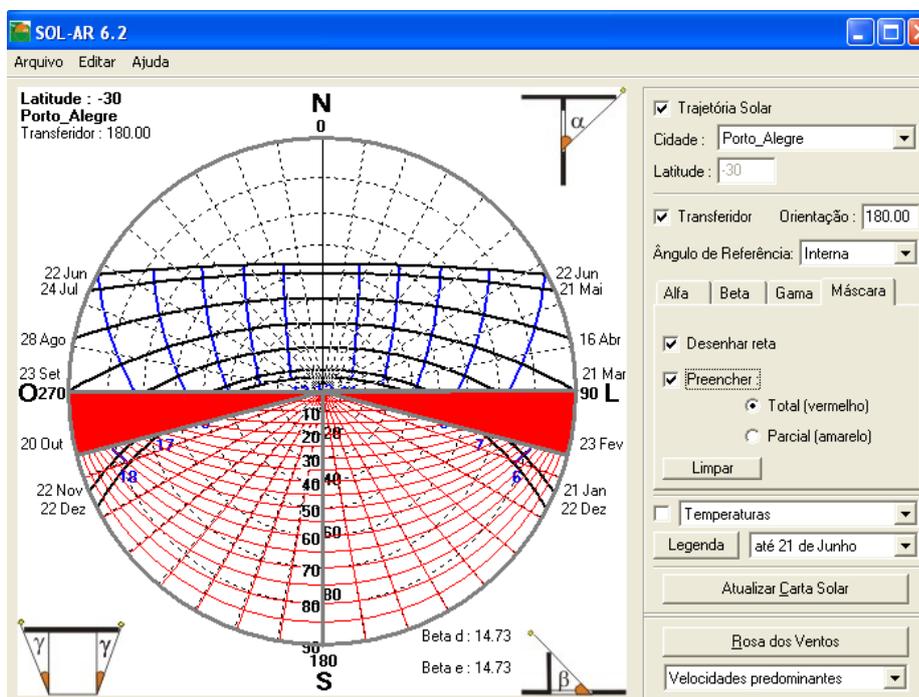


Figura 31 Máscara de sombras para a fachada Sul. AHS = 14.73°

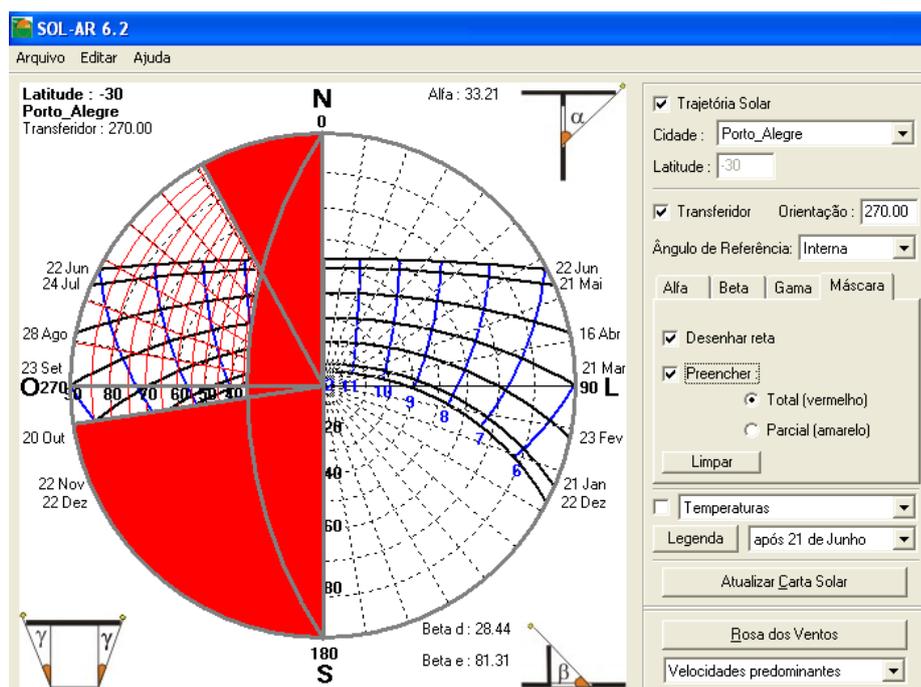


Figura 32 Máscara de sombras para a fachada Oeste. AHS = 54.87°, AVS = 33.21°

Os *brises* projetados, inseridos nos modelos foram configurados em alumínio com 1,2mm, cor branca e absorvância 0,2 (NBR15220), com os ângulos AVS e AHS conforme tab. 13.

Tabela 13 Configuração dos *brises* projetados para as fachadas Norte, Sul, Leste e Oeste

Modelo	Orientação da Maior fachada	Ângulo AHS	Media AHS	Ângulo AVS	Média AVS
NS-BS <sub>1</sub>	NS	Sul 14,73°	11,72°	Sul 0°	22,17°
		Oeste 54.87°		Oeste 33°	
		Leste 0°		Leste 45°	
		Norte 0°		Norte 35°	
LO-BS <sub>1</sub>	LO	Sul 14,73°	23,07°	Sul 0°	34,32°
		Oeste 54,87°		Oeste 33°	
		Leste 0°		Leste 45°	
		Norte 0°		Norte 35°	

Definido os ângulos necessários para o sombreamento das aberturas, definiu-se as dimensões dos *brises*, sua geometria e disposição nas fachadas conforme projetos apresentados nas figuras 33 a 36.

## FACHADA OESTE

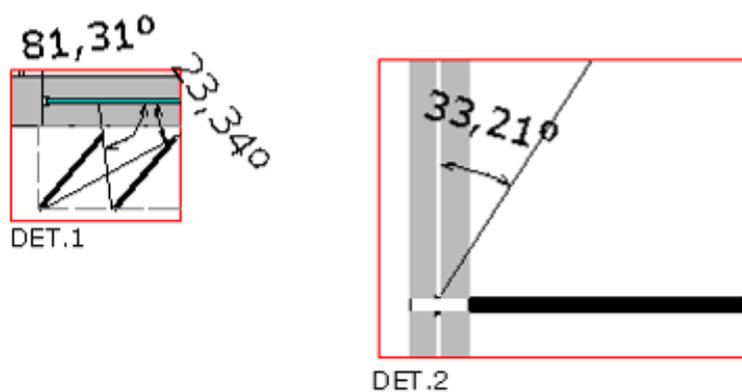
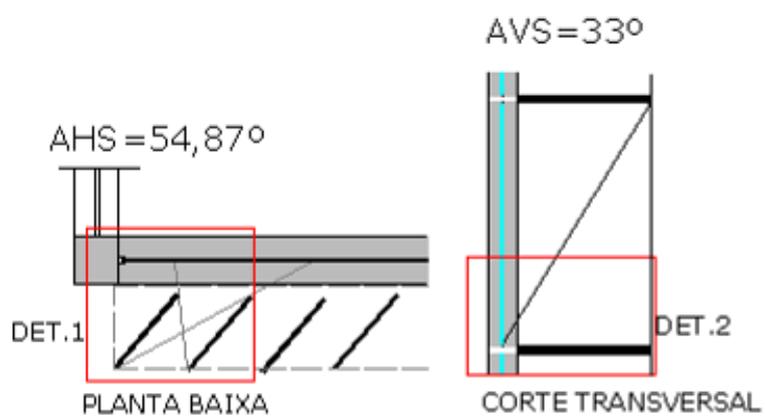


Figura 33 Projeto de brise fachada Oeste

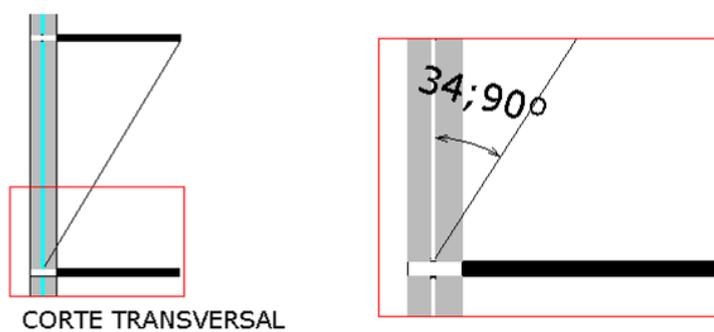
FACHADA NORTE  
AVS = 35°

Figura 34 Projeto de brise fachada Norte

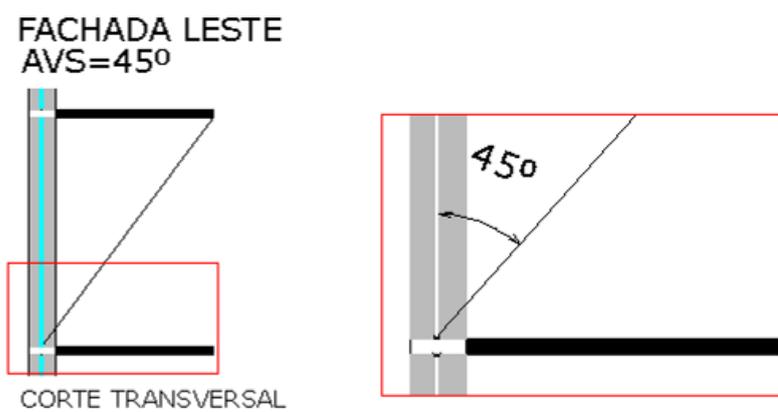


Figura 35 Projeto de brise fachada Leste

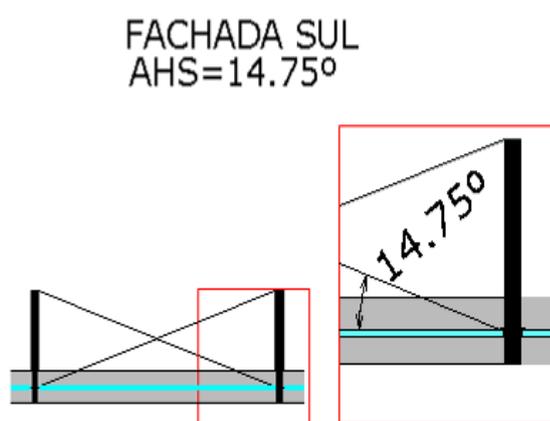


Figura 36 Projeto de brise fachada Sul

Os volumes apresentados na figuras 37, 38, 39 e 40 foram modelados no programa *DesignBuidar*, e apresentam as fachadas com a inserção dos *brises* que foram projetados para os modelos NS-BS<sub>1</sub> e LO-BS<sub>1</sub>. Estas modelagens serviram para a simulação da eficiência energética da envoltória.

### Modelos NS BS<sub>1</sub>

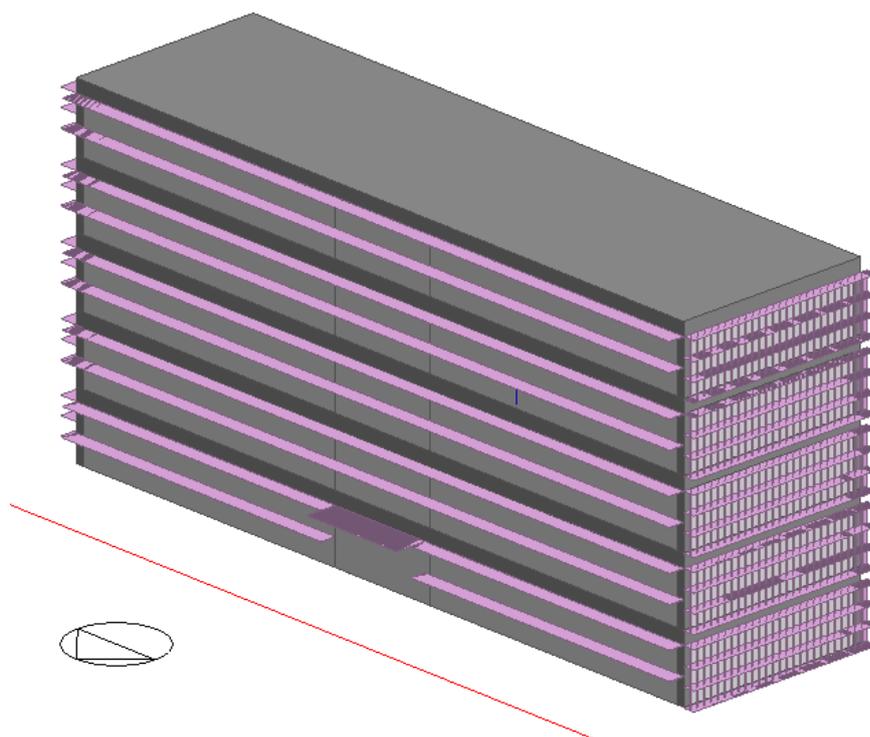


Figura 37 Perspectiva do volume - fachadas Norte/Oeste

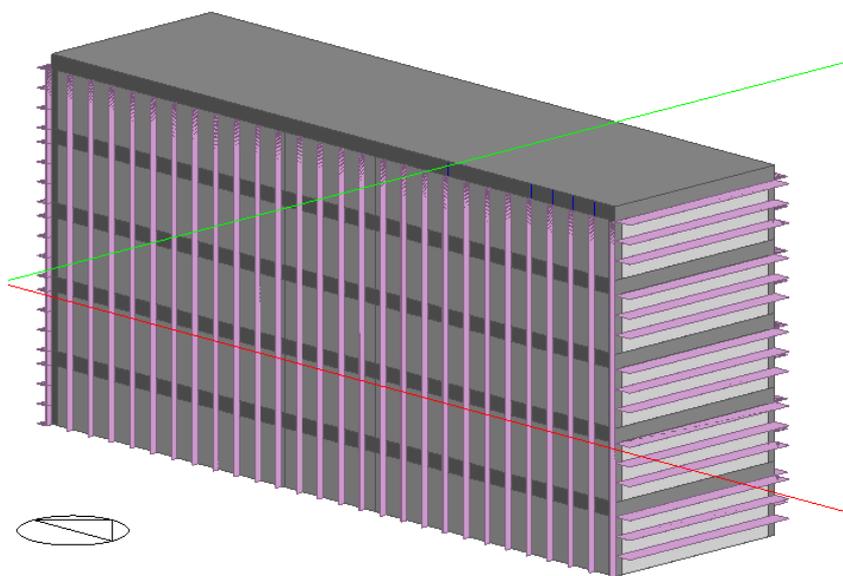


Figura 38 Perspectiva do volume - fachadas Leste/Sul

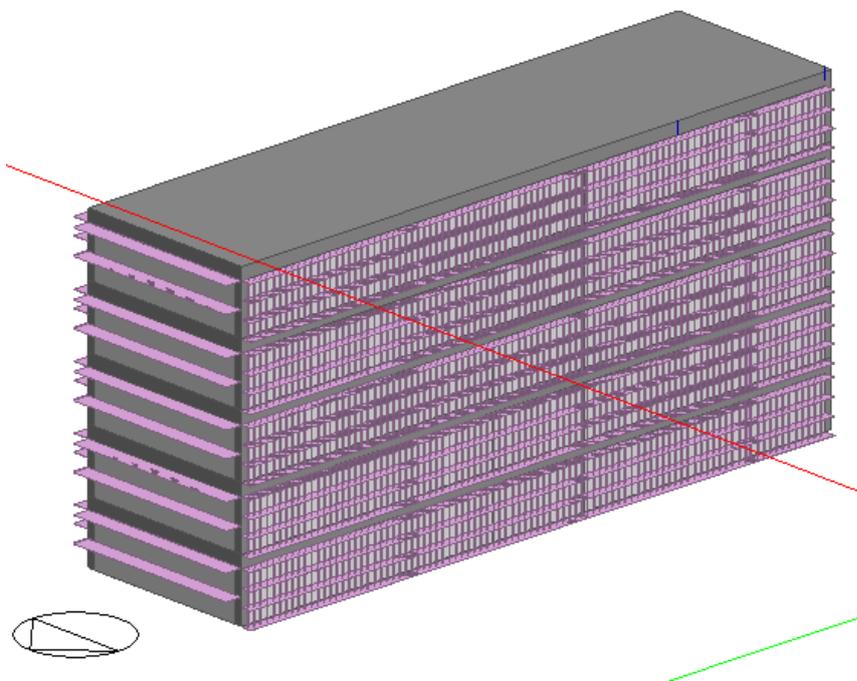
**Modelos LO BS<sub>1</sub>**

Figura 39 Perspectiva do volume - fachadas Norte/Oeste

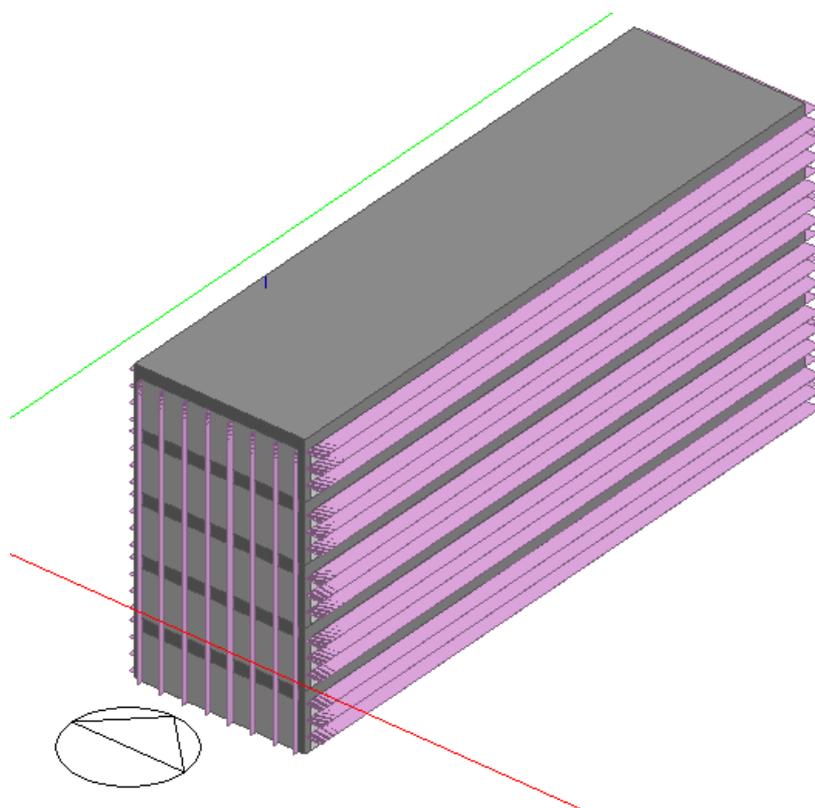


Figura 40 Perspectiva do volume - fachadas Sul/Leste

A modelagem no programa *SketchUp8*, possibilitou a verificação da penetração do sol na parte interna do edifício provocadas pela implantação dos *brises*, nos período e meses desejados, apresentados nas figuras 41, 42 e 43.

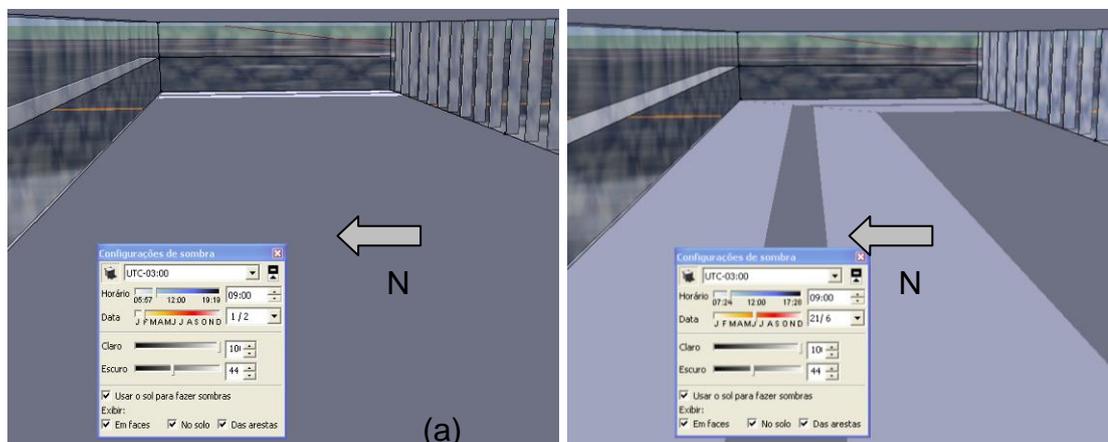


Figura 41 Penetração do sol nos meses de (a) fevereiro e (b) julho – 9h

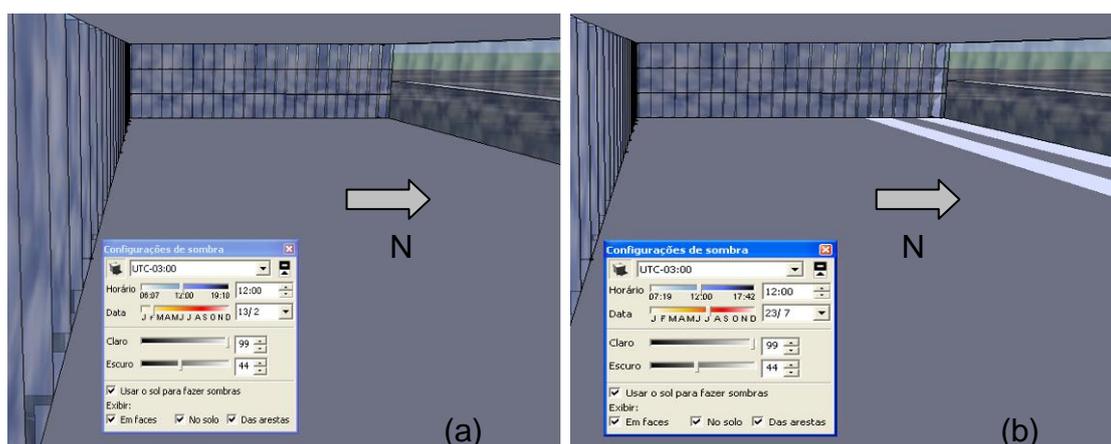


Figura 42 Penetração do sol nos meses de (a) fevereiro e (b) julho – 12h

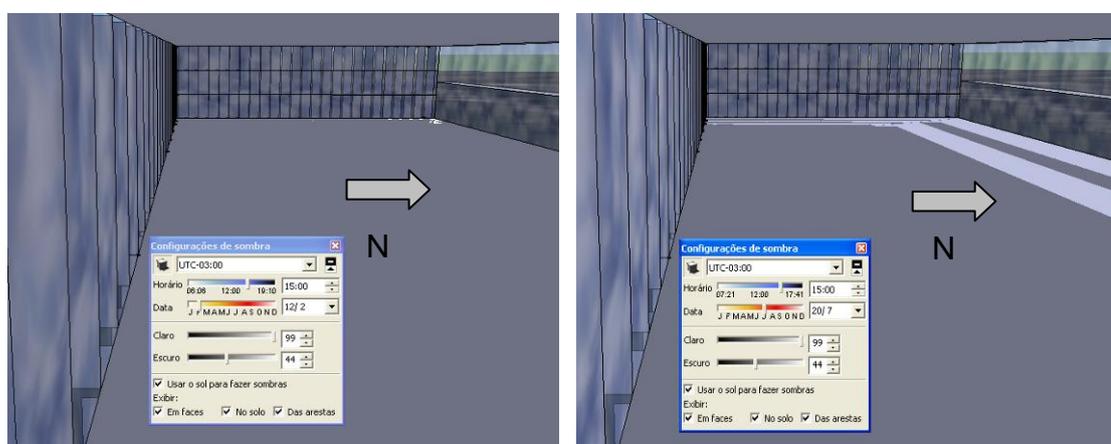


Figura 43 Penetração do sol nos meses de (a) fevereiro e (b) julho – 15h

Verificado a penetração do sol (fig. 41,42 e 43), os modelos NS-BS<sub>1</sub> e LO-BS<sub>1</sub> foram modelados e simulados no programa *DesingBuilder 2.4.2.016* e obtiveram os resultados apresentados na tab. 14, referentes ao consumo energético para manter as condições de conforto (*setpoint* entre 18°C e 24°C).

Tabela 14 Consumo simulado dos modelos NS BS<sub>1</sub> e LO BS<sub>1</sub>

Modelo	Consumo Ar Cond. Anual (kWh)	Consumo Total (kWh)	Nível de EE
NS-BS <sub>1</sub>	22.259	81.469	A
LO-BS <sub>1</sub>	22.065	81.293	A

Analisando-se detalhadamente os balanços térmicos dos modelos simulados, verificou-se que NS-BS<sub>1</sub> apresentou maior ganho de calor no período de inverno, se comparado a LO-BS<sub>1</sub> acionando a refrigeração nos meses de junho, julho e agosto, conforme apresentado nas figuras 44 e 45.

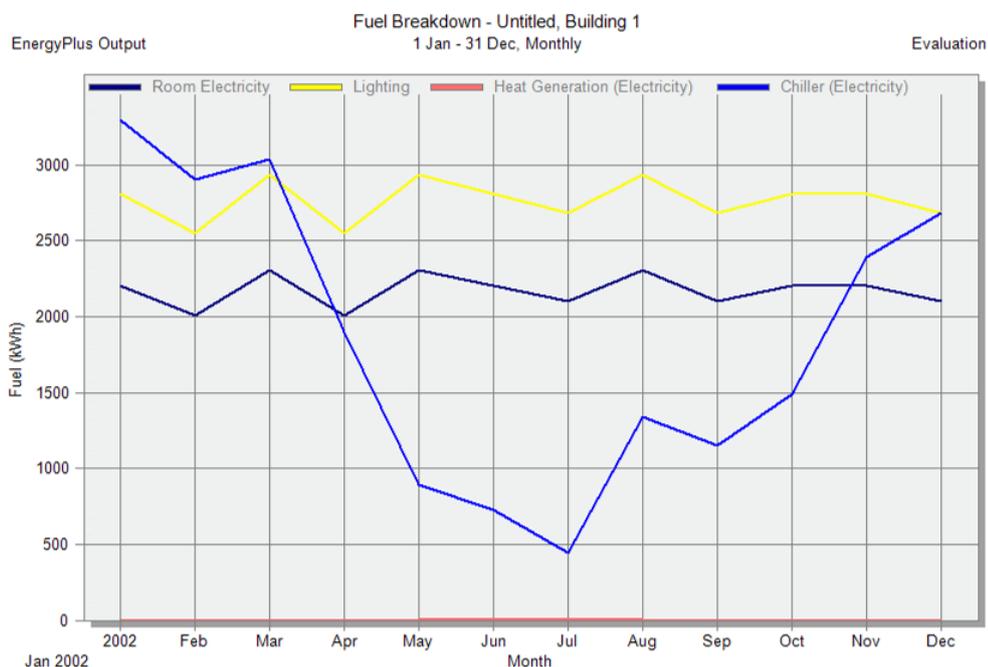


Figura 44 Balanço térmico modelo NS-BS<sub>1</sub>

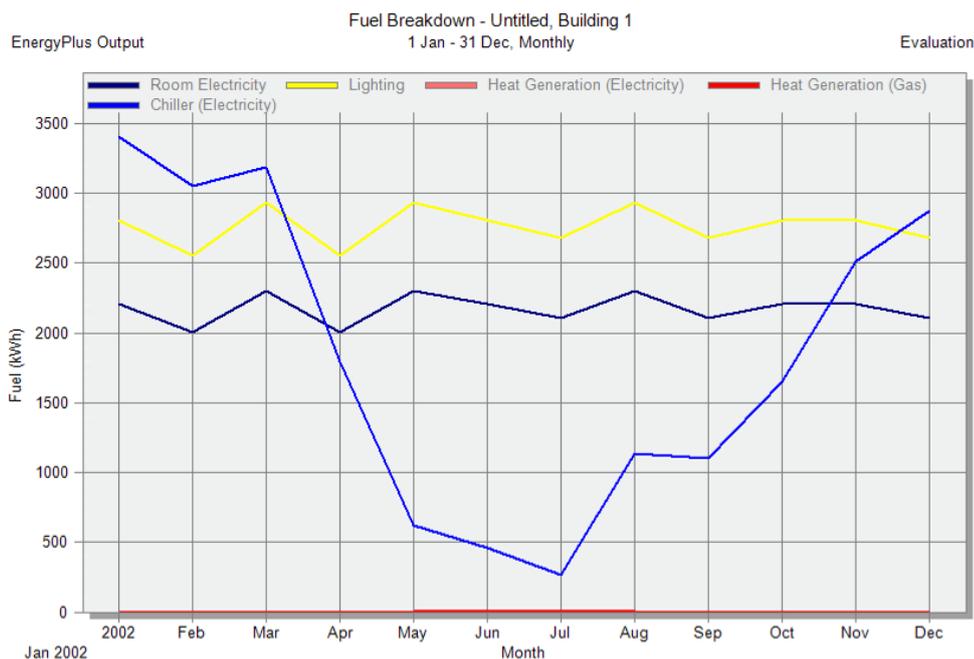


Figura 45 Balanço térmico modelo LO-BS<sub>1</sub>

Na análise de ganhos térmicos do edifício, observou-se que as fachadas Leste e Norte apresentaram altos valores de ganhos térmicos nos meses de inverno, aumentando o consumo de energia para o resfriamento ao manter as condições de conforto.

Procurou-se então, alternativas de projeto para o modelo NS-BS<sub>1</sub> buscando-se um melhor desempenho que reduzisse o consumo energético neste período. Foram simulados outros três projetos alternativos para *brises* com as variações no ângulo AVS, nas fachadas Leste e Norte. As alterações visaram o aumento de sombreamento das aberturas nestas fachadas nos meses de março a agosto, já que, durante o período compreendido entre os meses de setembro a fevereiro, estas aberturas já estavam completamente sombreadas. As máscaras de sombra projetadas estão representadas nas fig. 46, 47 e 48.

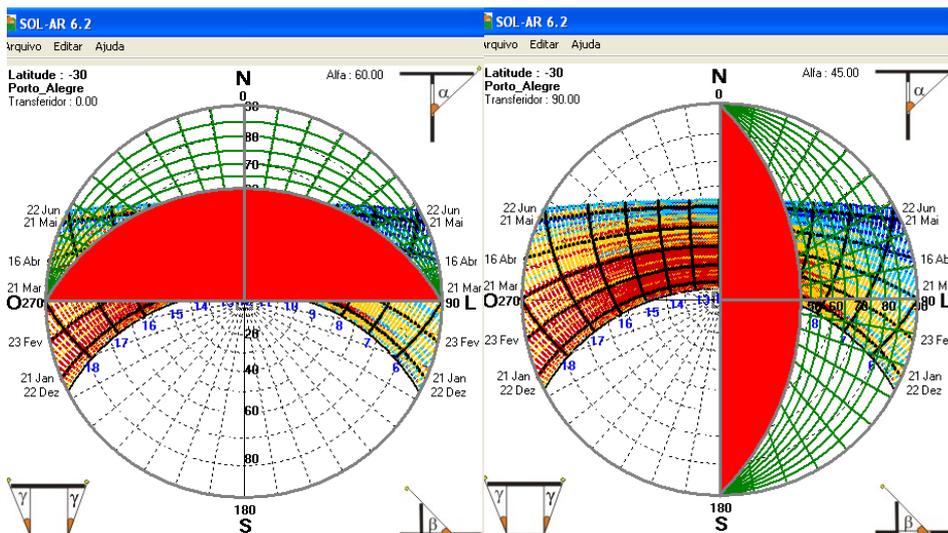


Figura 46 NS BS<sub>2</sub> 2ª opção -fachadas Norte e Leste

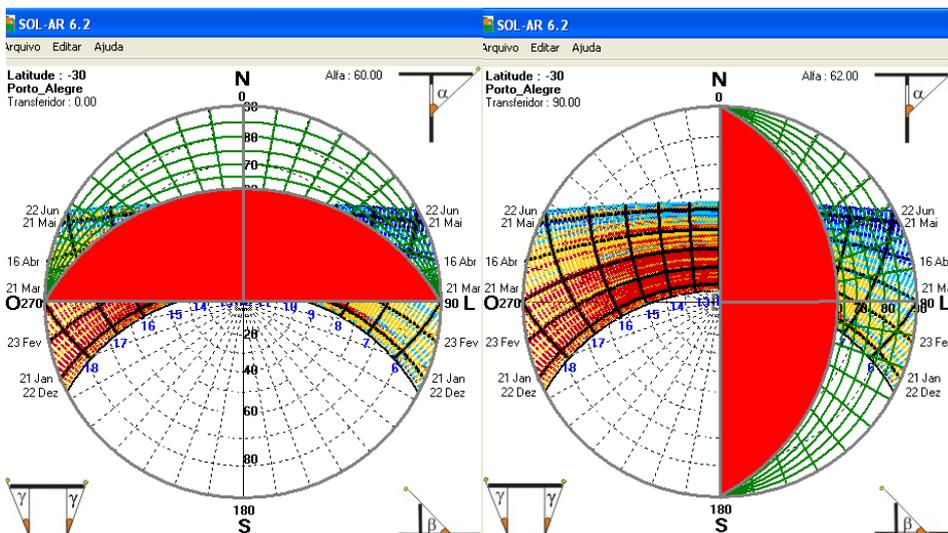


Figura 47 NS BS<sub>3</sub> 3ª opção -fachadas Norte e Leste

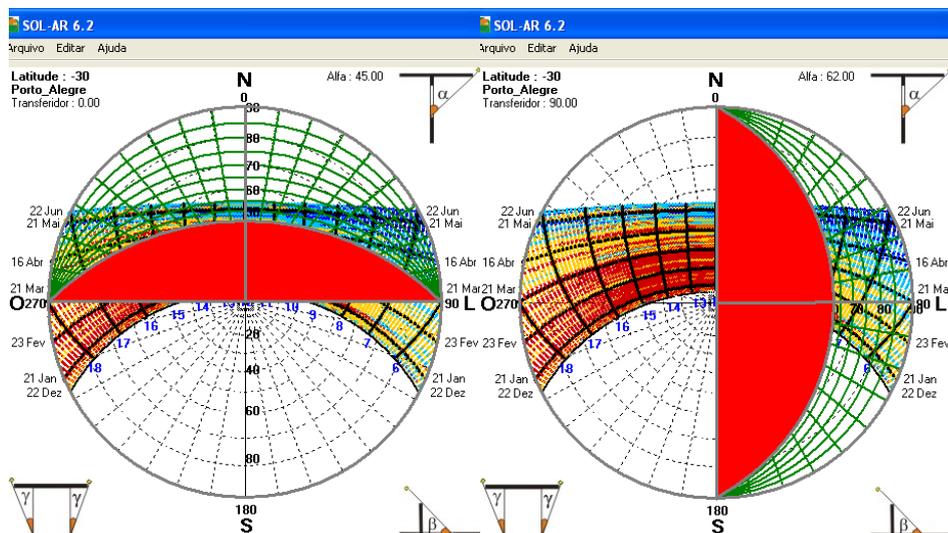


Figura 48 NS BS<sub>4</sub> 4ª opção -fachadas Norte e Leste

Foi possível verificar uma redução de consumo de energia elétrica com as alterações propostas, conforme tab. 15.

Tabela 15 Simulação de alternativas para *Brise NS*

Modelo	Alterações AVS	Consumo Ar Cond. Anual (kWh)	Consumo Total (kWh)	Nível de EE
NS-BS <sub>2</sub>	AVS L=45° N=60°	20.258	79.469	A
NS-BS <sub>3</sub>	AVS L=62° N=60°	19.689	78.900	A
NS-BS <sub>4</sub>	AVS L=62° N=45°	19.788	78.998	A

Apesar do NS-BS<sub>3</sub> apresentar um consumo ligeiramente mais baixo, o modelo NS-BS<sub>4</sub> foi escolhido como a melhor opção, pois além de uma redução de 11% no consumo com o ar condicionado e 3% no consumo total de energia em relação à proposta inicial (NS-BS<sub>1</sub>), este projeto, provavelmente, proporcionará uma melhor iluminação natural e melhor insolação no inverno do que o NS-BS<sub>3</sub>, visto que o ângulo AVS escolhido para a fachada Norte é menor. O modelo com *brise* NS-BS<sub>4</sub> foi considerado o mais eficiente entre os 4 projetos simulados para os modelos com a maior fachada Norte/Sul.

Analisando-se o balanço térmico do modelo NS-BS<sub>4</sub> (fig. 49) nota-se a redução dos gastos com ar condicionado para refrigeração nos meses de inverno, ao comparar-se com o modelo NS-BS<sub>1</sub> (fig. 45).

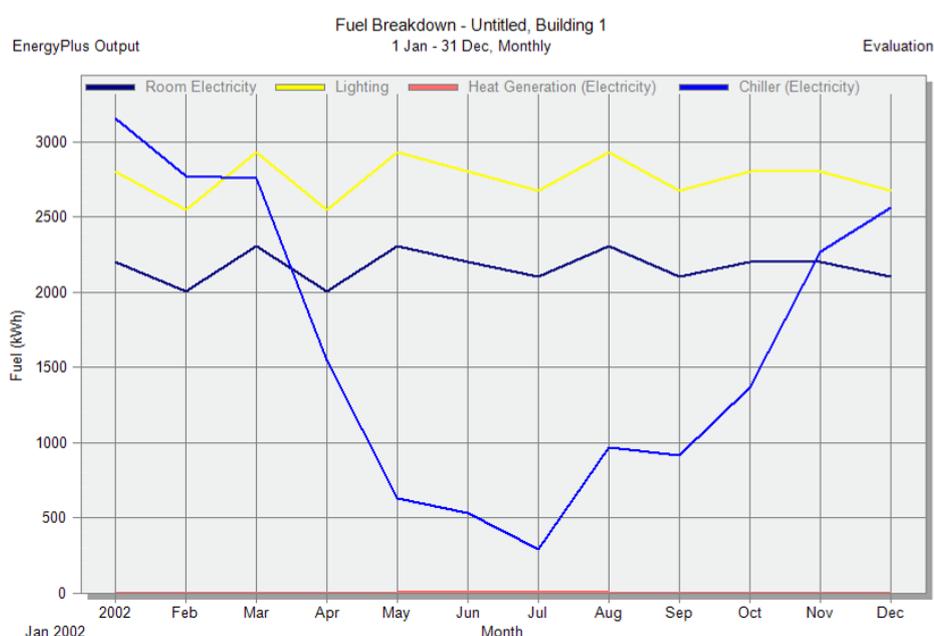


Figura 49 Balanço térmico do modelo NS-BS<sub>4</sub>

Além de elevar o Nível de EE de “C” para “A”, pode-se observar o efeito do *brise* sobre o consumo de energia anual nos modelos estudados, que se reduziu sensivelmente. No caso daquele com maior fachada orientada para NS, o consumo de energia com ar condicionado foi reduzido em mais de 43% e o consumo total em 16%, enquanto que no modelo com maior fachada orientada para LO, a redução do consumo com ar condicionado chegou a mais de 46% e no consumo total a 19% quando comparado às versões sem *brise*.

Esses modelos selecionados como os mais eficientes após a inserção dos *brises* foram avaliados e classificados no nível EE pelo método prescritivo do RTQ-C.

A classificação dos modelos NS-BS<sub>4</sub> e LO-BS<sub>1</sub> pelo Método Prescritivo estão apresentados na imagem da tela do programa *WebPrescritivo*, nas figuras 50 e 51:

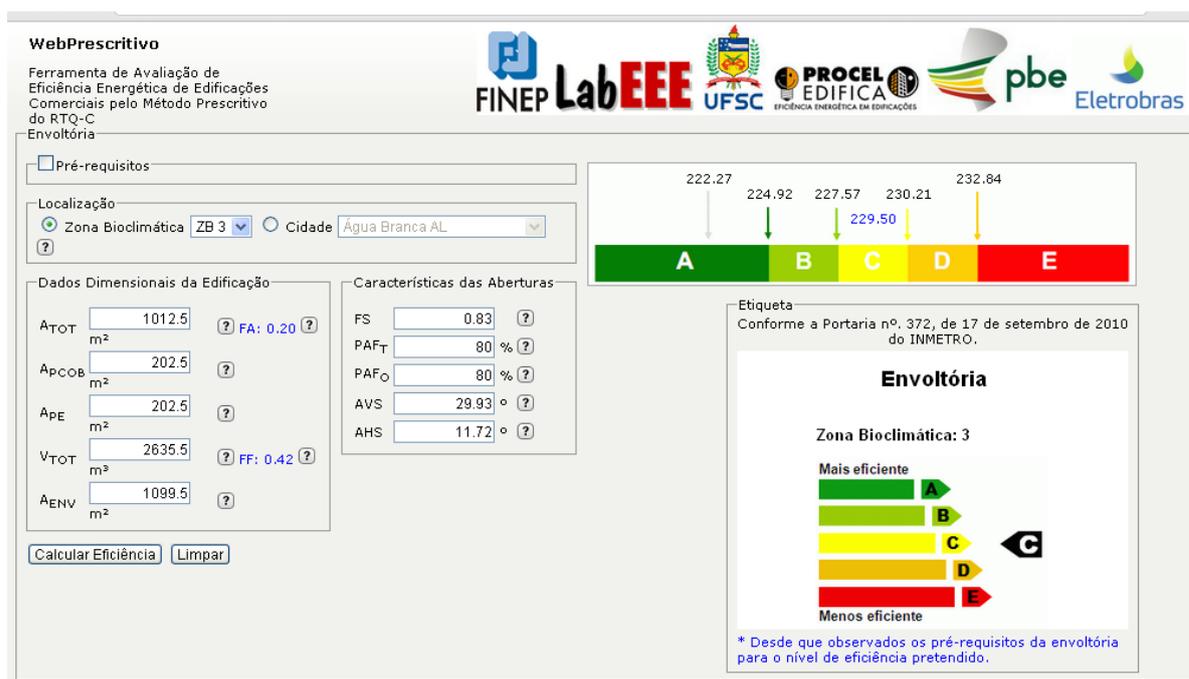


Figura 50 Avaliação do modelo “NS-BS4” pelo método prescritivo.

Programa WebPrescritivo  
Disponível em <http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/webprescritivo/index.html>

**WebPrescritivo**  
 Ferramenta de Avaliação de Eficiência Energética de Edificações Comerciais pelo Método Prescritivo do RTQ-C  
 Envoltória

Pré-requisitos

Localização  
 Zona Bioclimática **ZB 3**  Cidade **Água Branca AL**

Dados Dimensionais da Edificação

ATOT	1012.5	FA: 0.20
APCOB	202.5	
APE	202.5	
VTOT	2635.5	FF: 0.42
AENV	1099.5	

Características das Aberturas

FS	0.83
PAFT	80 %
PAFO	80 %
AVS	34.32
AHS	23.07

Etiqueta  
 Conforme a Portaria nº. 372, de 17 de setembro de 2010 do INMETRO.

**Envoltória**  
 Zona Bioclimática: 3

Mais eficiente

A	222.27
B	224.92
C	227.57
D	230.21
E	232.84

Menos eficiente

\* Desde que observados os pré-requisitos da envoltória para o nível de eficiência pretendido.

Figura 51 Avaliação do modelo “LO-BS<sub>1</sub>” pelo método prescritivo.

Programa *WebPrescritivo* Disponível em:  
<http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/webprescritivo/index.html>

Os modelos com *brise* NS-BS<sub>4</sub> e LO-BS<sub>1</sub> que, quando simulados obtiveram Nível EE “A”, quando foram submetidos à avaliação pelo método prescritivo, receberam classificações de níveis diferentes. O modelo *brise* NS-BS<sub>4</sub> foi classificado como Nível “C” e o modelo de *brise* LO-BS<sub>1</sub> foi classificado como Nível “B”. Esta classificação indica que um mesmo edifício poderá sofrer avaliações divergentes, dependendo do método utilizado para a avaliação da envoltória pelo RTQ-C e, neste caso, ocorreu uma tendência do método prescritivo a classificar os modelos com nível menor que os resultados obtidos com o método de simulação.

Outra observação refere-se ao fato do método prescritivo ter concedido Nível EE “B” ao modelo LO-BS<sub>1</sub> e Nível EE “C” ao NS-BS<sub>4</sub>, apesar do primeiro ter apresentado maior consumo de energia total anual do que o último quando simulados. Em outras palavras, o método prescritivo não foi sensível ao menor consumo do modelo NS-BS<sub>4</sub> e manteve para os modelos NS-BS<sub>4</sub> e LO-BS<sub>1</sub>, níveis abaixo do obtido por simulação.

Esta foi uma tendência do método prescritivo até aqui, já que também manteve os modelos sem *brise* NS e LO em um nível mais baixo do que a classificação por simulação.

#### 4.4 Projeto de modelos eficientes obtidos pelo método prescritivo

Testou-se então o processo inverso, partindo-se de combinações de AVS e AHS para *brises* para o modelo original, utilizando-se o programa *WebPrescritivo*, até que fosse obtido Nível EE “A” com os menores ângulos possíveis, evitando-se o sombreamento excessivo das fachadas. As figuras 52, 53, 54 e 55 mostram algumas dessas combinações.

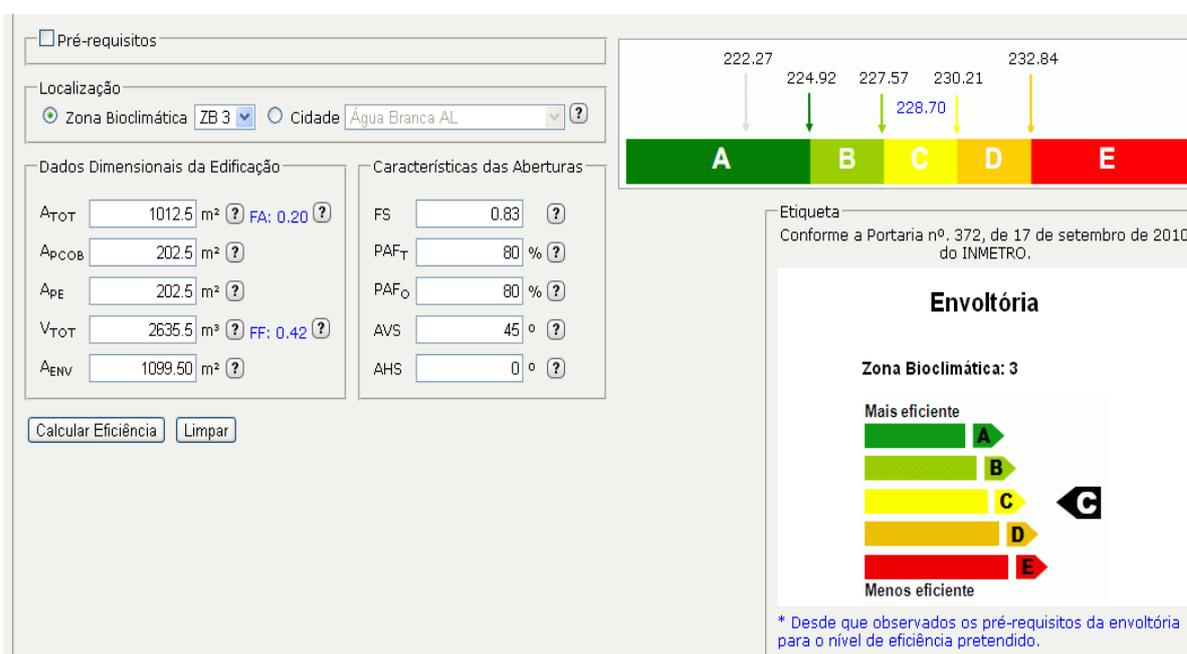


Figura 52 Simulação combinação 1

WebPrescritivo.

Disponível em: <http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/webprescritivo/index.html>

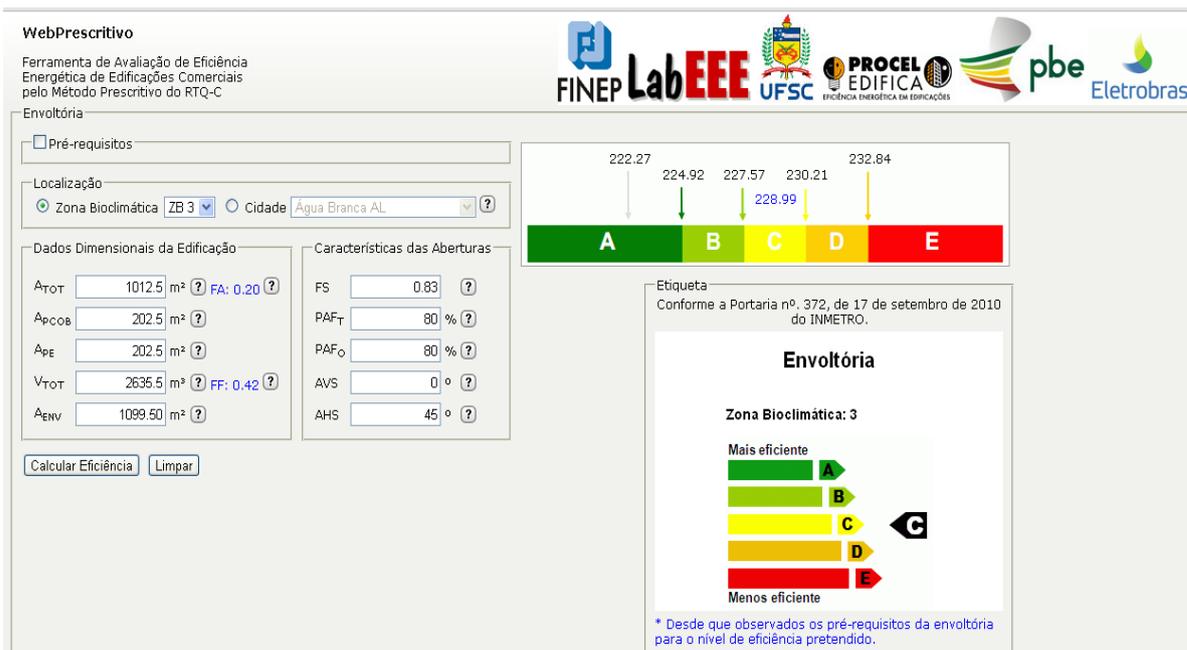


Figura 53 Simulação combinação 2

WebPrescritivo.

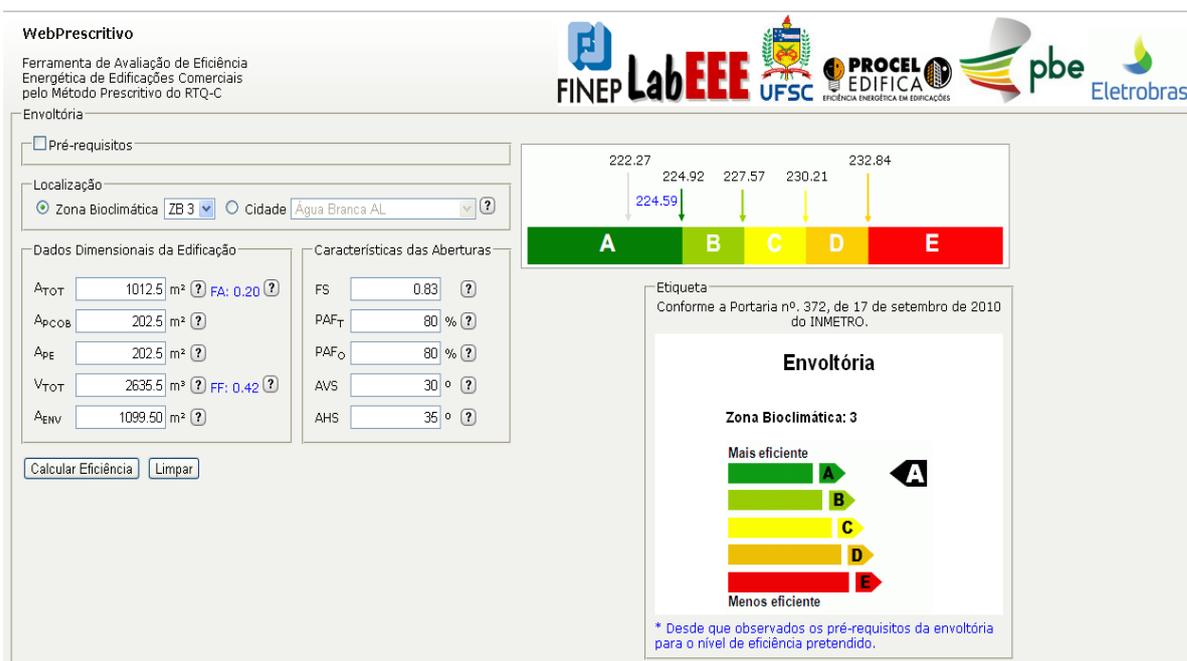
Disponível em: <http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/webprescritivo/index.html>

Figura 54 Simulação combinação 3

WebPrescritivo.

Disponível em: <http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/webprescritivo/index.html>

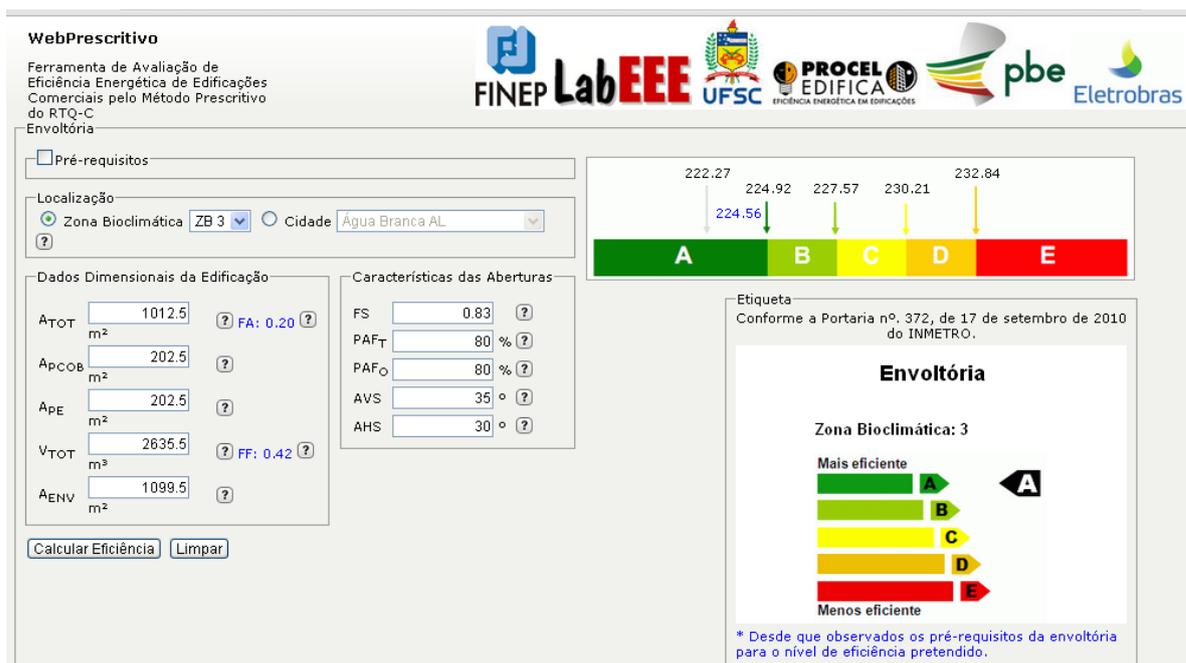


Figura 55 - Simulação combinação 4

WebPrescritivo.

Disponível em: <http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/webprescritivo/index.html>

As combinações de número 3 e 4 (fig. 54 e 55) com ângulos médios de 30° e 35° foram aquelas com os menores ângulos a atingir Nível EE “A” para a envoltória. A partir dos ângulos médios de AVS e AHS, foram obtidos os ângulos de sombreamento das aberturas em cada uma das orientações. A média dos ângulos AHS e AVS gerou neste estudo, uma disposição de *brises* nas fachadas. Como o método prescritivo não considera a orientação solar do *brise*, qualquer distribuição de *brises* com estes mesmos ângulos médios poderiam gerar a mesma classificação, o que poderia levar a algumas discrepâncias na avaliação da eficiência da envoltória. Foram justamente estas discrepâncias que se buscou avaliar. Na tabela 16 são apresentados os ângulos dos *brises* que foram utilizados nas fachadas dos modelos avaliados pelo método prescritivo NS-BP<sub>1</sub>, NS-BP<sub>2</sub>, NS-BP<sub>3</sub>, e LO-BP<sub>1</sub>, LO-BP<sub>2</sub>, LO-BP<sub>3</sub>. Nestes modelos, propositalmente houveram algumas fachadas sem *brises*. Estas configurações, por ausência de projeto, excluem *brises* em orientações solares possivelmente necessárias, o que poderia produzir uma baixa eficiência da envoltória pelo método de simulação. As perspectivas dos volumes dos modelos são mostradas nas figuras 56 a 65.

Tabela 16 Especificação dos ângulos AHS e AVS dos brises-  
Método prescritivo.

Modelo	Orientação da >fachada	Ângulo AHS	Media AHS	Ângulo AVS	Média AVS
NS-BP <sub>1</sub>	NS	Sul 52,1	35°	Sul 60°	30°
		Oeste 0°		Oeste 0°	
		Leste 50,2		Leste 60°	
		Norte 23,4°		Norte 0°	
LO-BP <sub>1</sub>	LO	Sul 50,2°	35°	Sul 60°	30°
		Oeste 23,4°		Oeste 0°	
		Leste 52,1°		Leste 60°	
		Norte 0°		Norte 0°	
NS-BP <sub>2</sub>	NS	Sul 52,1	30°	Sul 60°	35°
		Oeste 0°		Oeste 46°	
		Leste 50,2		Leste 60°	
		Norte 10		Norte 0°	
LO-BP <sub>2</sub>	LO	Sul 50,1°	30°	Sul 60°	35°
		Oeste 10°		Oeste 0°	
		Leste 52,1°		Leste 60°	
		Norte 0°		Norte 46°	
NP-BP <sub>3</sub>	NS	Sul 52.1	35°	Sul 60°	30°
		Oeste 50.2°		Oeste 0°	
		Leste 0°		Leste 60°	
		Norte 23.4°		Norte 0°	
LO-BP <sub>3</sub>	LO	Sul 0°	35°	Sul 60°	30°
		Oeste 23.4		Oeste 0°	
		Leste 52.1°		Leste 60°	
		Norte 50.2°		Norte 0°	

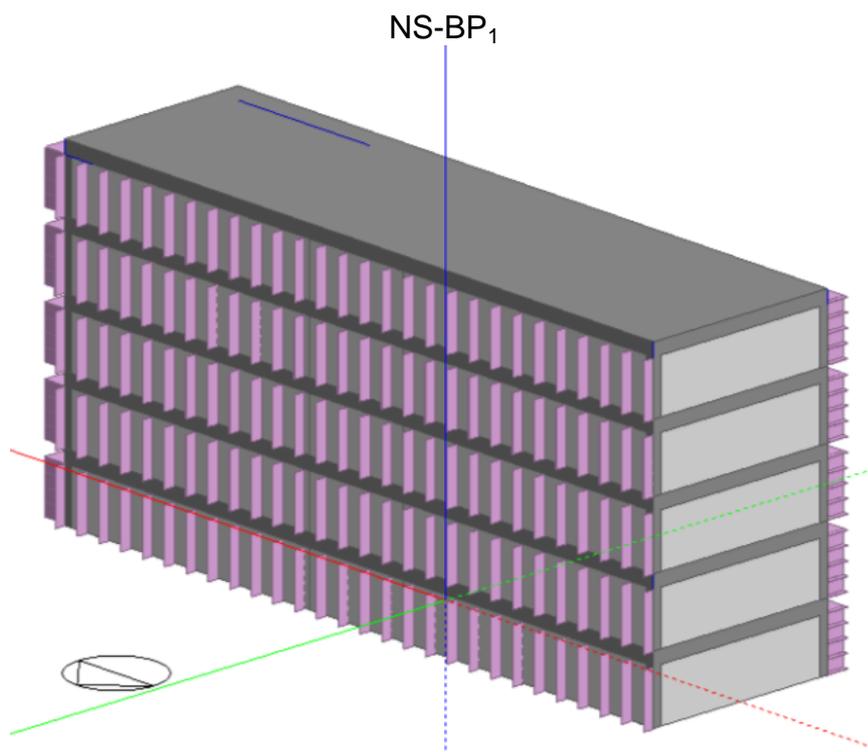


Figura 56 Perspectiva do volume fachada Norte/Oeste do modelo NS-BP<sub>1</sub>

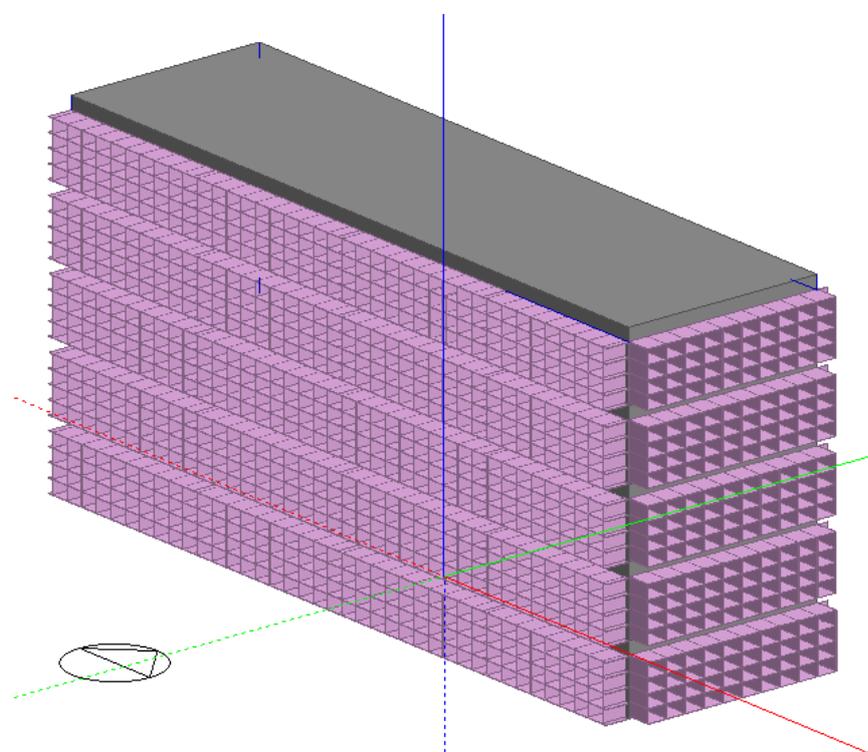
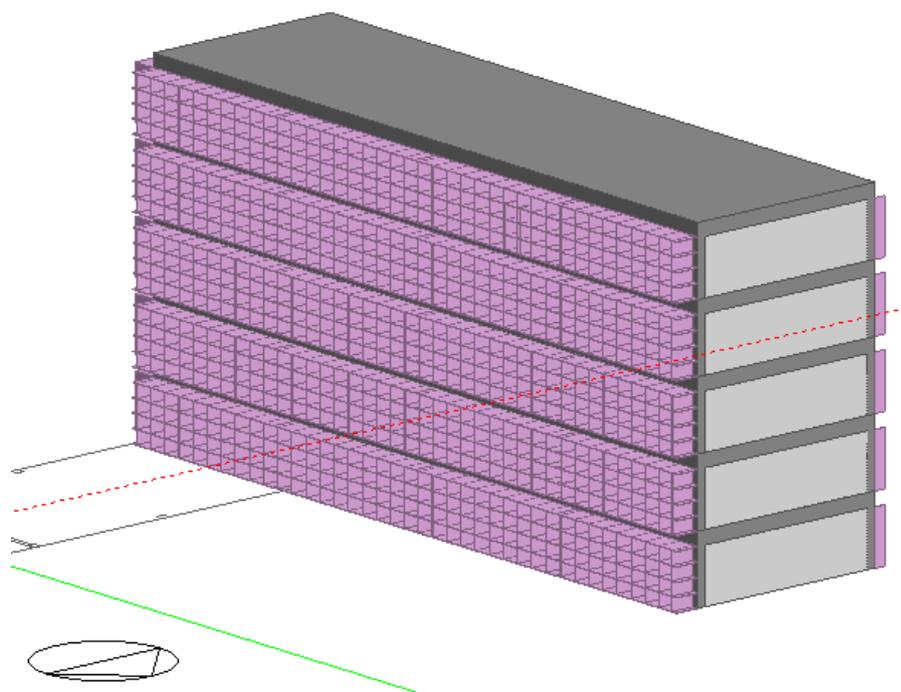
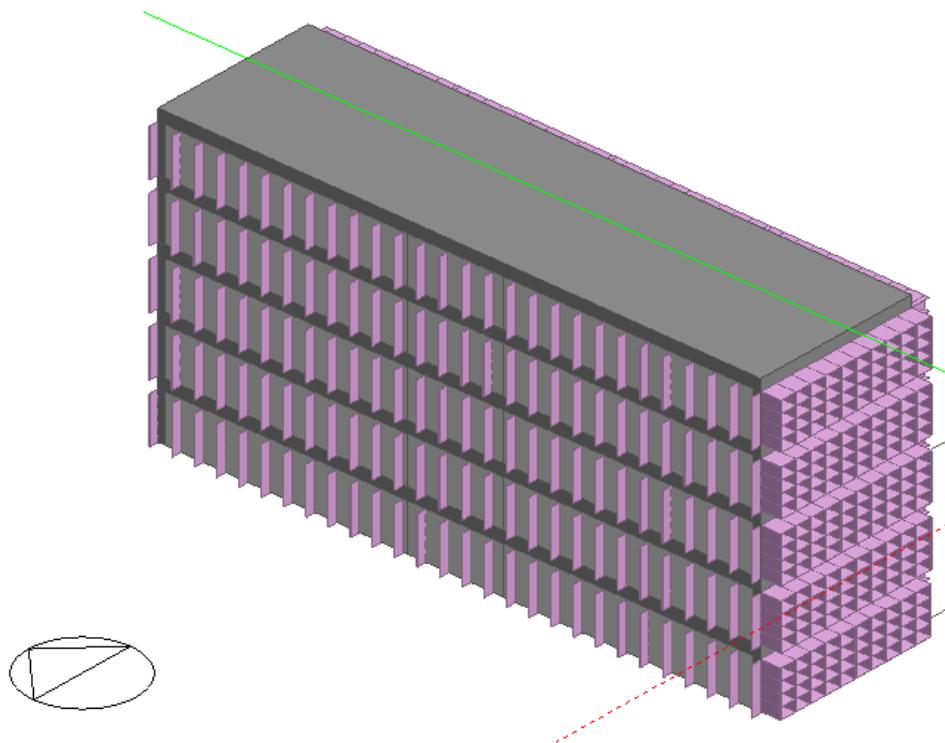


Figura 57 Perspectiva do volume fachada Sul/Leste do modelo NS-BP<sub>1</sub>

LO-BP<sub>1</sub>Figura 58 Perspectiva do volume fachada Norte/Leste do modelo LO-BP<sub>1</sub>Figura 59 Perspectiva do volume fachada Oeste/Sul do modelo LO-BP<sub>1</sub>

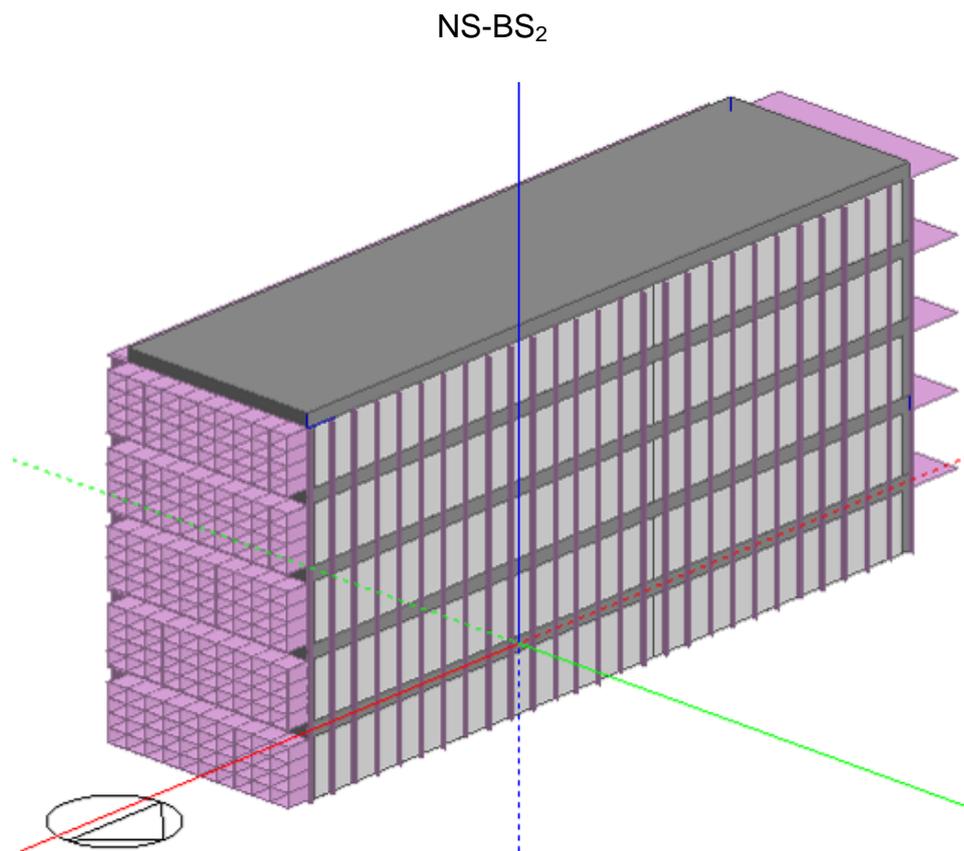


Figura 60 Perspectiva do volume fachada Norte/Leste do modelo NS-BP<sub>2</sub>

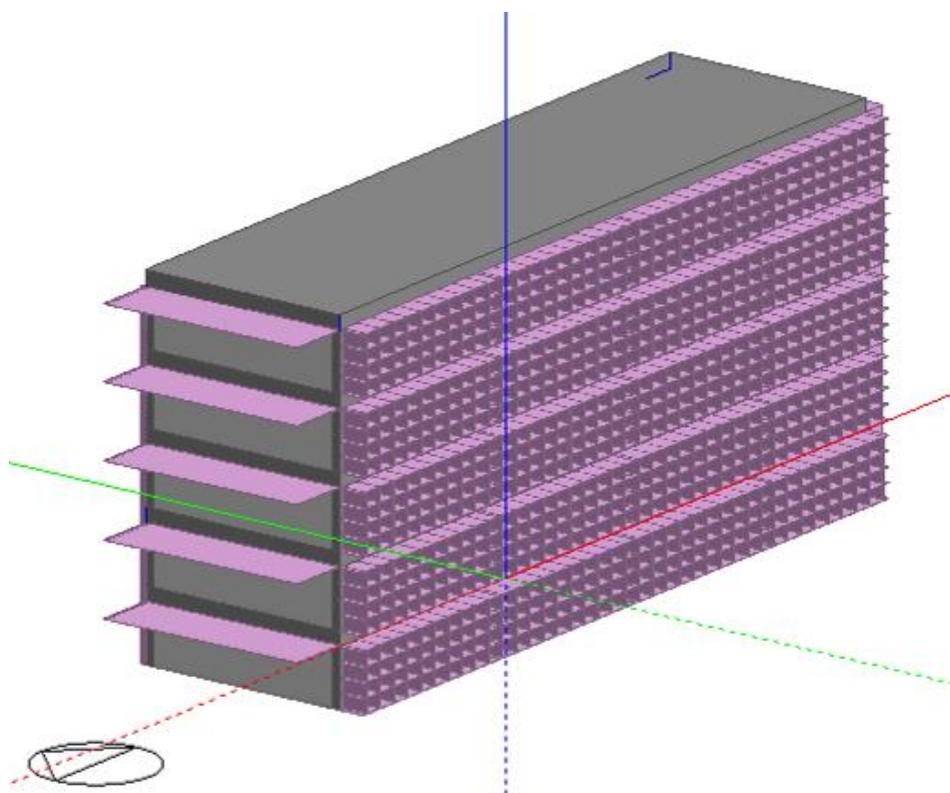
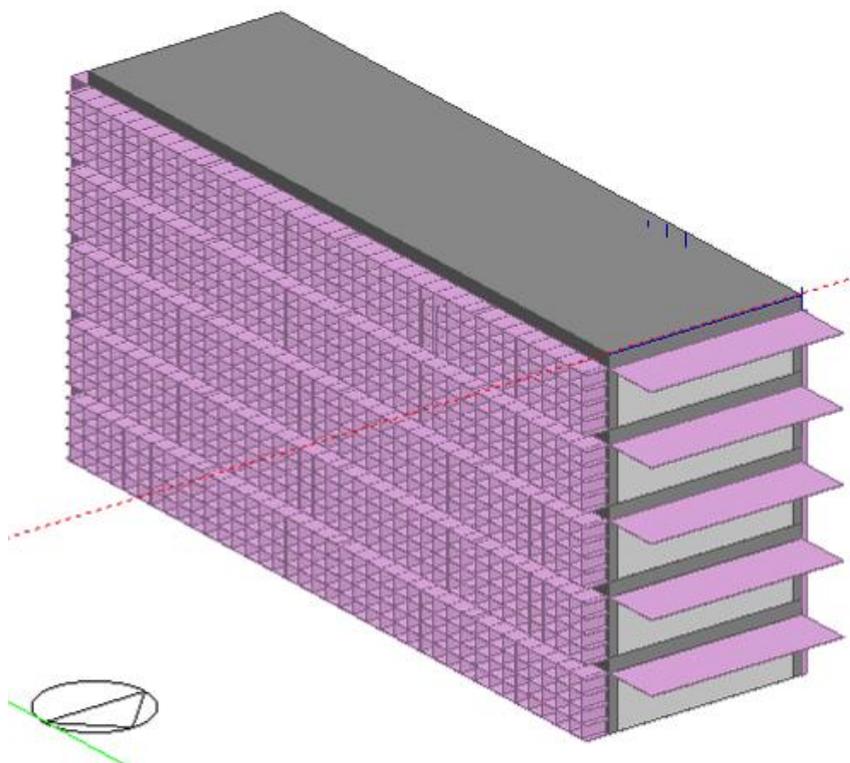
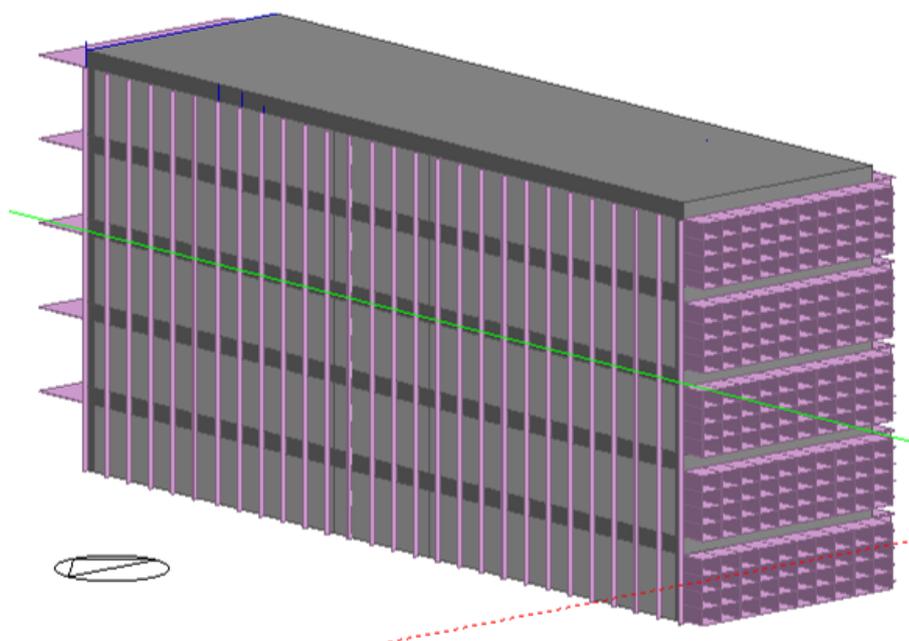
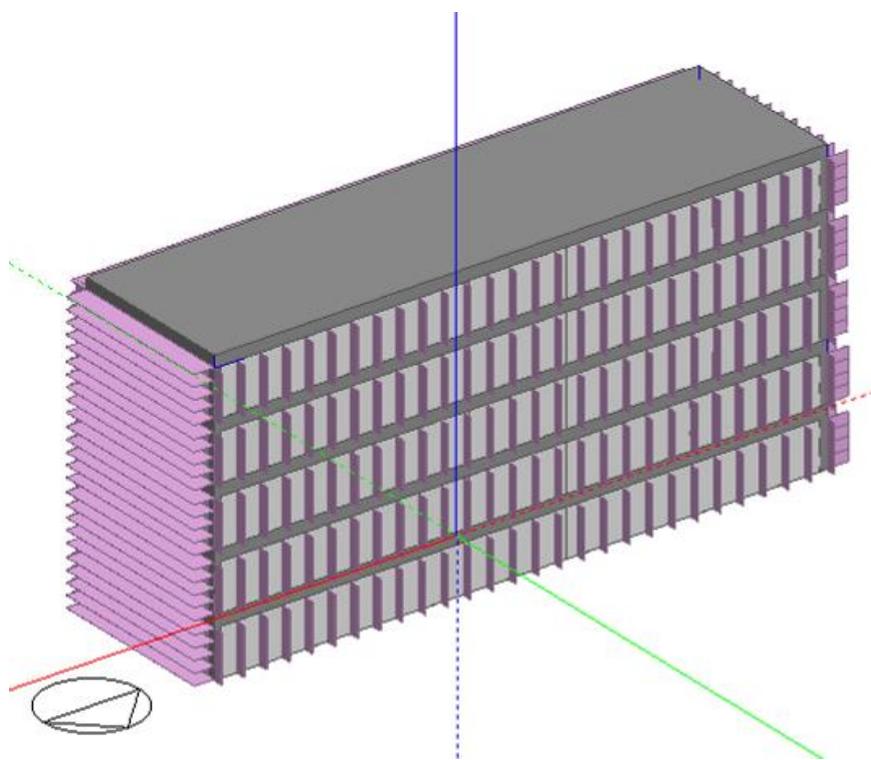
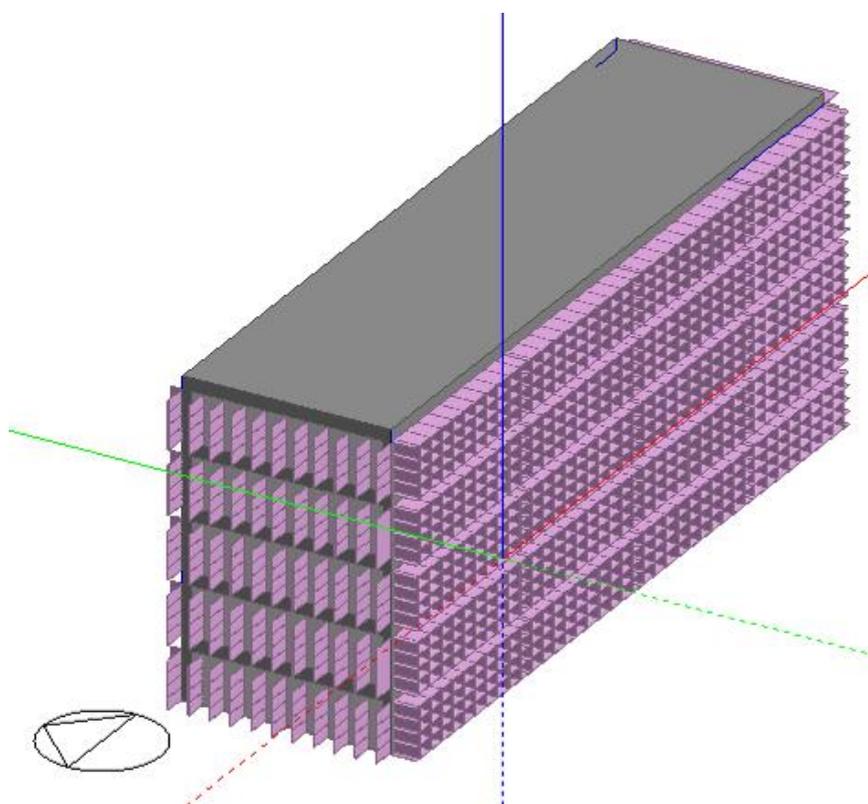


Figura 61 Perspectiva do volume fachada Oeste/Sul do modelo LO-BP<sub>2</sub>

LO-BP<sub>2</sub>Figura 62 Perspectiva do volume fachada Norte/Leste do modelo LO-BP<sub>2</sub>Figura 63 Perspectiva do volume fachada Oeste/Sul do modelo LO-BP<sub>2</sub>

NS-BP<sub>3</sub>Figura 64 Perspectiva do volume fachada Norte/Leste do modelo NS-BP<sub>3</sub>Figura 65 Perspectiva do volume fachada Oeste/Sul do modelo NS-BP<sub>3</sub>

Os 6 modelos foram modelados e simulados no programa *DesignBuilder*, pelo método de simulação e apresentaram os resultados da tab. 17.

Tabela 17 Avaliação por simulação dos modelos Nível EE “A” pelo Método. prescritivo.

Modelo	Consumo Ar Cond. Anual (kWh)	Consumo Total (kWh)	Nível de eficiência da envoltória simulação
NS-BP <sub>1</sub>	23.786	82.759	B
NS-BP <sub>2</sub>	23.488	82.461	B
NS-BP <sub>3</sub>	22.967	81.941	B
LO-BP <sub>1</sub>	27.532	86.734	B
LO-BP <sub>2</sub>	26.510	85.712	B
LO-BP <sub>3</sub>	26.111	85.313	B

Observou-se na análise da tab.17, que os modelos com a distribuição mais uniforme de *brises* nas fachadas (NS-BP<sub>3</sub> e LO-BP<sub>3</sub>), mantendo a mesma média de AVS e AHS, produziram resultados pouco melhores de eficiência energética da envoltória do que aqueles que possuem algumas fachadas sem *brise*. No entanto, a diferença foi muito pequena, sendo de 1% para os modelos na orientação NS e de 1,6% para as orientações LO. Os modelos NS-BP<sub>3</sub> e LO-BP<sub>3</sub>, com *brises* melhor distribuídos, permaneceram com classificação de Nível EE “B”. Percebeu-se que a simples inserção destes elementos nas fachadas conseguiu apresentar uma economia para o modelo NS de 12,5% no consumo do ar condicionado e 13% no consumo total anual e para o modelo LO reduziu 16,5% no consumo do ar condicionado e 15% no consumo total anual para modelos com PAFt de 80%.

#### 4.5 Modelo com redução de PAFt

Simulou-se na sequência, uma variação apenas no percentual de aberturas na fachada (PAFt) de 80% para 47%, que possibilitou a avaliação da influência do PAFt no desempenho dos *brises*, referente ao consumo de energia dos modelos com e sem *brise*. O projeto de *brises* utilizados nestes modelos são aqueles que produziram os melhores resultados quando simulados para os modelos NS-BS<sub>4</sub> e LO-BS<sub>1</sub>. Os resultados apresentados na tab. 18 referem-se aos modelos com alteração do PAFt para 47,5%, que tiveram seus consumos de energia elétrica simulados pelo programa *DesingnBuilder*.

Tabela 18 Consumo de Energia Anual para modelos com PAFt 47,5%

Modelo	Consumo Ar Condicionado Anual (kWh)	Consumo de Energia Total Anual (kWh)
2NS	26.239	85.441
2NS-BS	19.652	78.854
2LO	31.260	90.462
2LO-BS	22.183	81.385

Contatou-se que consumo de energia no ar condicionado do modelo 2LO foi 19% maior que 2NS, demonstrando que a orientação solar influenciou no consumo de energia. Com a inserção de *brises*, o modelo 2LO-BS reduziu 29% no ar condicionado se comparado ao modelo sem *brise* 2LO e o modelo 2NS-BS reduziu 25% no ar condicionado se comparado ao modelo sem *brise* 2NS.

Na tabela 19, é possível contatar os impactos causados pela alteração do PAFt no consumo total de energia e no indicador de consumo (IC) dos modelos estudados.

Tabela 19 Resultado comparativo da simulação e prescritivo

Modelo	ÍCenv	Redução	Nível EE (met.presc.)	Consumo Total (kWh)	Redução
NS	238.4	0.0%	E	94.248	0.0%
NS-BS <sub>4</sub>	229.5	-4%	C	78.998	- 16%
2NS	231	0.0%	D	85.441	0.0
2NS-BS	222.8	-3,5%%	A	78.854	- 7,8%
LO	238.4	0.0%	E	100.550	0.0%
LO-BS <sub>1</sub>	226	- 5,2%	B	81.293	- 19%
2LO	231	0.0%	D	90.462	0.0%
2LO-BS	224.4	- 2,9%	A	81.375	- 10%

Verificou-se que, independente do PAFt, a variação na orientação solar das faces do edifício alterou seu desempenho energético, consumindo mais energia

quando a orientação da maior fachada foi projetada para Leste/Oeste. O método prescritivo não foi sensível a esta diferença, com valores de IC idênticos para as duas orientações.

Logicamente, os resultados demonstram que, quanto maior o PAFt, maior o efeito dos *brises* na melhoria do desempenho do edifício, em comparação aos modelos sem brises.

Outra questão que pôde ser observada é que, independente do PAFt, a utilização correta de *brises* conduz os edifícios ao mesmo patamar de consumo, não havendo diferenças significativas entre os consumos dos modelos NS-BS4 e 2NS-BS e LO-BS1 e 2LO-BS, como pode ser observado na figura 66.

Apesar disso, constatou-se, assim como Yamakawa e Westphal (2011) que o método prescritivo favoreceu a classificação do Nível EE dos modelos com PAFt menor, mesmo os modelos que apresentaram maior consumo pelo método de simulação, receberam melhor Nível EE.

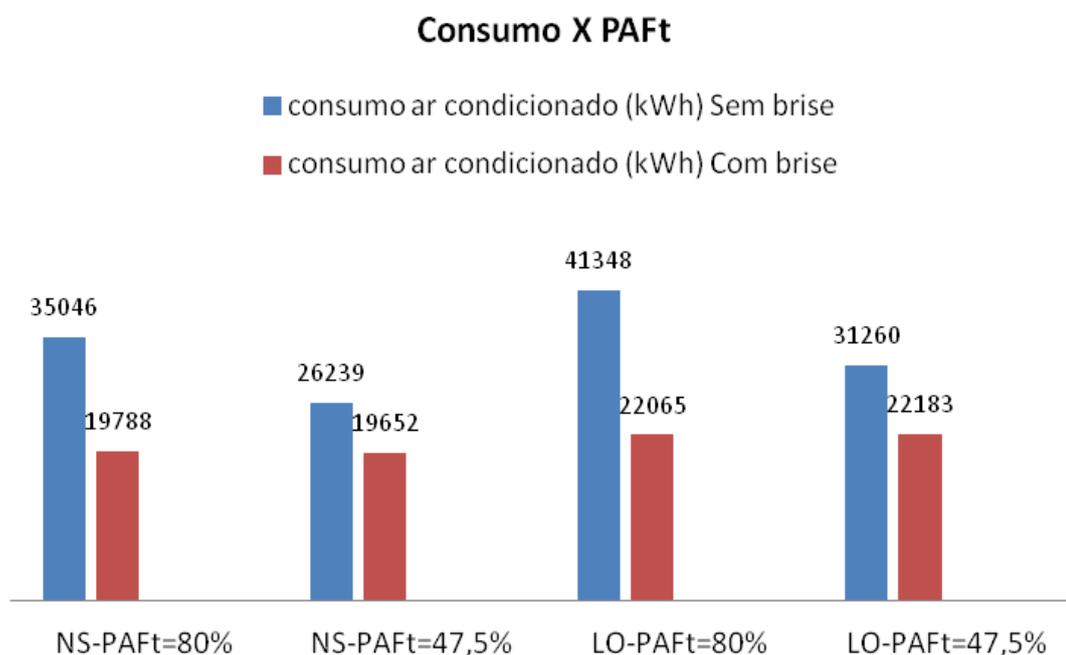


Figura 66 Análise de consumo em função do PAFt

Para os modelos com PAFt de 47,5%, a utilização adequada de *brises*, proporcionou uma redução de 29% no consumo de ar condicionado para as maiores

fachadas LO, enquanto que para as maiores fachadas NS a redução foi de 25%. Estes coeficientes embora menores que aqueles obtidos pelo PAFt de 80%, ainda foram muito significativos.

#### 4.6 Análise comparativa dos modelos pelo método de simulação e prescritivo.

Neste item, faz-se uma síntese dos resultados obtidos, comparando-se os níveis de eficiência obtidos pelos métodos do RTQ-C e os consumos de energia simulados para cada um dos casos.

Na tabela 20, são apresentados os níveis de eficiência energética do modelo-base e suas variações, obtidos pelos diferentes métodos do RTQ-C.

Tabela 20 Modelos estudados e avaliação geral do Nível EE

Modelo	Método de simulação			Método prescritivo	
	NÍVEL EE	CONSUMO AR CONDIC.	CONSUMO TOTAL(kWh)	NÍVEL EE	IC
NS	C	35.046	94.248	E	238.44
LO	C	41.348	100.550	E	238.44
LO-BS <sub>1</sub>	A	22.065	81.293	B	226,16
NS-BS <sub>4</sub>	A	19.788	78.998	C	229,50
NS-BP <sub>1</sub>	B	23.786	82.759	A	224,59
NS-BP <sub>2</sub>	B	23.488	82.461	A	224,56
NS-BP <sub>3</sub>	B	22.967	81.941	A	224,59
LO-BP <sub>1</sub>	B	27.532	86.734	A	224,59
LO-BP <sub>2</sub>	B	26.510	85.712	A	224,56
LO-BP <sub>3</sub>	B	26.111	85.313	A	224,59

Observou-se que em nenhum momento houve coincidência do Nível EE obtido por simulação e pelo método prescritivo. De um modo geral, o método prescritivo avaliou a edificação em um ou dois níveis abaixo do método de simulação. Entretanto, os *brises* que foram projetados para alcançar nível “A” pelo prescritivo obtiveram nível B pelo método de simulação.

Além disso, pode-se observar que o consumo de energia dos modelos com *brises* que obtiveram nível A pelo método prescritivo é significativamente maior do que os que obtiveram Nível C e B pelo mesmo método, que, por sua vez,

correspondem aos modelos que obtiveram Nível A pelo método de simulação. Esta diferença fica mais evidente na fig. 67, em que se compara o consumo de energia com o sistema de ar condicionado de cada um dos modelos que obtiveram nível A através de seus respectivos métodos de avaliação (simulação e prescritivo).

Os modelos que obtiveram nível A pelo método de simulação apresentaram menor consumo de energia do que aqueles que obtiveram nível A pelo método prescritivo.

### Gráfico de Consumo Anual de Energia (kWh)

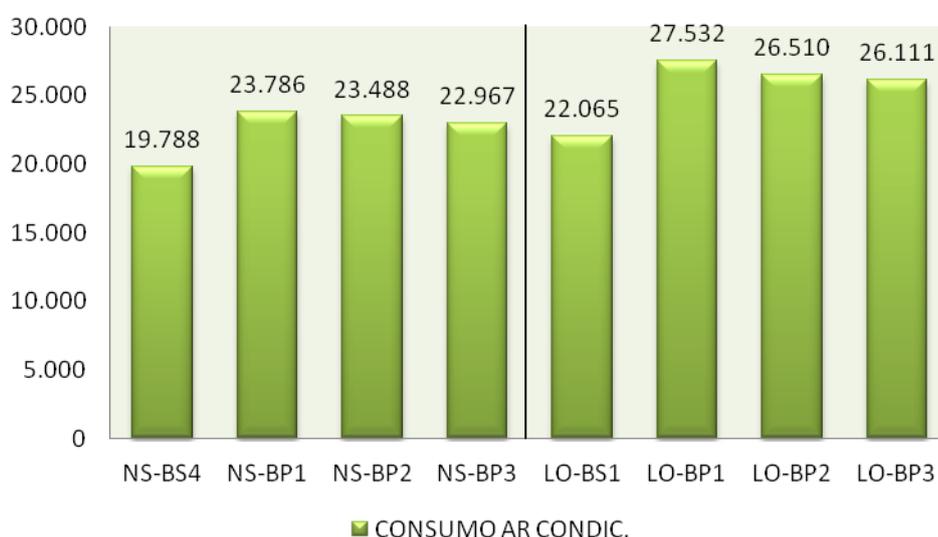


Figura 67 Consumo anual de energia dos modelos (kWh)

Por exemplo: para o edifício na orientação NS, tomando-se como referência o consumo de energia do modelo NS-BS<sub>4</sub>, que alcança Nível “A” por simulação, quando comparado com os modelos NS-BP<sub>1</sub>, NS-BP<sub>2</sub> e NS-BP<sub>3</sub> que alcançaram Nível A pelo prescritivo, observa-se que estes últimos têm um consumo do ar condicionado anual respectivamente maior em 20,2%, 18,7% e 16% e um consumo total maior em 4,8%, 4,4% e 3,8% que NS-BS<sub>4</sub>.

Já para o edifício na orientação LO, tomando-se como referência o consumo de energia do modelo LO-BS<sub>1</sub>, que alcança Nível “A” por simulação, quando comparado com os modelos LO-BP<sub>1</sub> e LO-BP<sub>2</sub>, LO-BP<sub>3</sub> que alcançaram Nível A pelo prescritivo, observa-se que estes últimos têm um consumo de ar condicionado

respectivamente maior em 24,8%, 20,2% e 18,3% do que o LO-BS. E o consumo total anual de energia maior em 6,7%, 5,4% e 5%.

Os modelos NS-BS<sub>4</sub> e LO-BS<sub>1</sub>, obtidos por simulação, são os que apresentam maior percentual de economia de energia em ar condicionado, chegando, respectivamente, a 44% e 47% em relação aos modelos sem *brise*. Enquanto que os modelos obtidos pelo prescritivo, alcançaram uma economia de energia de ar condicionado na faixa dos 33 a 37%, em relação aos modelos sem *brises*.

Um bom projeto de *brises* avaliado por simulação, como era de se esperar, apresenta os menores consumos de energia. Todavia, cabe salientar que mesmo os *brises* obtidos através do método prescritivo, distribuídos sem critério algum, geraram uma economia significativa com relação ao edifício sem *brise*. Estes percentuais estão vinculados ao PAFt de 80% avaliado neste exercício, e que variam com a redução deste percentual.

Por estas questões, o método prescritivo perde ao desconsiderar as orientações solares, mas, mesmo assim, apresenta aspectos positivos em relação à ausência de *brises*.

Não se pode deixar de salientar que haveria um ganho no método prescritivo se houvesse uma consideração da orientação solar, tanto no PAF quanto nos ângulos AVS e AHS.

## 5 CONCLUSÕES

A avaliação da eficiência energética do uso de *brises* em edificações comerciais através do método prescritivo do RTQ-C, com base no método de simulação computacional, possibilita o conhecimento de dados quantitativos e qualitativos através dos resultados da análise de classificação do Nível de EE e das alterações de consumo energético da envoltória.

Os resultados apresentados referem-se ao caso estudado, que possui um PAFt de 80%, Fator Solar do vidro de 0.83 e que apresenta, em suas definições, alto grau de representatividade dos edifícios de grandes escritórios.

Uma variação do PAFt para 47,5% foi testado em um estudo de caso, visando avaliar somente a influência deste em relação a eficiência do uso dos *brises*.

Localizado na zona bioclimática 3, serviu de base para a avaliação da eficiência da inserção de *brises* em suas fachadas e na classificação do Nível de EE obtida por simulação e pelo método prescritivo do RTQ-C. Todo o processo baseou-se na simulação de modelos utilizando arquivo TRY de Porto Alegre, latitude de 30°.

Nos dois modelos idênticos simulados, NS e LO, houve a variação apenas da orientação da implantação da maior fachada do edifício. A orientação LO obteve um consumo de 18% a mais de energia para o ar condicionado, demonstrando a relevância da orientação solar dos edifícios. Quando os modelos foram simulados com PAFt menor, 2NS e 2LO, o consumo do modelo com a orientação LO representou 19% a mais que o modelo de orientação NS, mantendo-se no mesmo patamar que o modelo com maior PAFt.

Os modelos cumpriram todos os pré-requisitos estabelecidos pelo Regulamento para Nível de EE “A”, de modo que todos os modelos tivessem potencial para alcançar Nível “A”, independente do método de avaliação.

Considerando a análise do caso base, sem *brise*, pôde-se verificar que a utilização de *brises* na fachada poderá elevar consideravelmente o Nível de EE, podendo transformar um modelo de Nível “C” em Nível “A”, quando avaliado por simulação.

Pode-se observar que a classificação do Nível de Eficiência Energética calculada pelo método prescritivo em nenhum caso coincidiu com aquela obtida através de simulação. Como já verificado por outros autores, existe uma tendência do método prescritivo a obter uma ENCE menor. Isso ocorreu também com um *brise* que alcançou nível A por simulação.

É possível ventilar a ideia de que, por tratar-se de uma avaliação bem mais simplificada, o método prescritivo tende a ser mais impreciso em prol da segurança.

No entanto, por outro lado, o *brise* que atingiu Nível de EE “A” pelo método prescritivo não conseguiu atingir Nível de EE “A” por simulação. Ou seja, neste caso, não se pode justificar a diferença fundamentada no conservadorismo do método prescritivo, mas sim na desconsideração da orientação solar.

Mais do que uma diferença de Nível de EE, observou-se uma significativa diferença de consumo de energia.

Enquanto a redução do consumo com o ar condicionado proporcionado pela inclusão de um *brise* bem projetado ao modelo, alcançou 47% pelo método de simulação para edifícios na orientação LO, um *brise* projetado pelo método prescritivo para o mesmo modelo, alcançou uma redução de 37% na mesma orientação.

Para a orientação NS, enquanto o modelo com *brise* Nível de EE “A”, obtido por simulação, proporcionou uma redução no consumo do ar condicionado de 44%, pelo método prescritivo a inclusão do *brise* proporcionou uma redução de 34% no consumo. Lembrando que estes valores referem-se a um edifício com PAFt de 80%, exposto a grande radiação solar através dos fechamentos transparentes, devendo ser menores se o PAFt também for menor.

Sendo assim, é possível concluir que, dependendo da orientação solar do edifício e do método adotado, a diferença do consumo de energia pode ser significativa para um edifício que recebe a mesmo nível de Eficiência Energética “A”, por simulação e pelo prescritivo.

Ou seja, não é totalmente verdade que o método prescritivo seja mais conservador. O método prescritivo pode beneficiar por desconsiderar da orientação solar, gerando Nível “A” para a envoltória, numa situação em que foram

especificados *brises* onde não eram necessários e deixando de reduzir significativamente a economia de energia possível.

Isso não significa que o método prescritivo não tenha méritos e que o método de simulação seja o único confiável e a ser adotado. O método de simulação é muito mais complexo e de uso restrito. A simplicidade do método prescritivo é necessária para uma maior abrangência de utilização. Logicamente, o preço da simplificação é a perda de precisão.

Mesmo com estas críticas ao método prescritivo, também observou-se que a utilização de *brises*, mesmo distribuídos sem projeto adequado, visando alcançar etiqueta Nível “A” para envoltória pelo método prescritivo, pôde proporcionar uma redução real do consumo de energia na ordem dos 35% em relação ao edifício sem *brise*. Deduz-se que o simples sombreamento de parte da fachada já produz resultados consideráveis no desempenho da envoltória.

Nos modelos com PAFt reduzido para 47% a inclusão de *brises* que possibilitou o nível de EE “A” projetou uma economia de energia com o ar condicionado de 25% para a orientação da maior fachada NS e 29% para orientação LO. Demonstrando que o uso de *brises* foi mais importante na redução do consumo de energia nos modelos com maior PAFt.

O projeto correto de *brises* é um tema difícil para a grande maioria dos profissionais e seu uso, muitas vezes, esbarra no desconhecimento. A simplificação da avaliação dos *brises* no método prescritivo possui o mérito de facilitar o seu uso nos projetos e vinculá-lo a redução do consumo de energia. Porém, ao desconsiderar a orientação solar da implantação do prédio e dos *brises* por fachada, o método prescritivo perde de proporcionar maior redução de consumo de energia e mereceria ser revisto neste aspecto.

Considerando as limitações deste trabalho, foi desconsiderado o consumo de energia com iluminação artificial e a consequente interferência dos *brises* neste aspecto. Sugere-se para um próximo estudo a avaliação desta variável no consumo anual de energia.

Sugere-se ainda que outros modelos de edifícios característicos de outras atividades sejam estudados para a zona 3, bem como para as demais zonas

biclimáticas, possibilitando uma análise mais abrangente da sensibilidade do método prescritivo do RTQ-C para o uso de brises nas edificações.

## REFERÊNCIAS

AMORIM, C. D. N. et al. **Otimização do desempenho termo-energético da envoltória: Diagnóstico, proposta de solução e avaliação pelo método prescritivo do RTQ-C e simulação.** XIII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, Canela RS, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR15220. Desempenho Térmico de Habitações de Interesse Social**, Parte 3: Zoneamento Bioclimático Brasileiro e diretrizes construtivas para habitações de interesse social. Rio de Janeiro. ABNT,2005b

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR16401-1 e 2;** Instalações de ar condicionado – Parâmetros de conforto térmico. Partes 1 e 2. Rio de Janeiro: ABNT,2008

ASHRAE. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. **Handbook of Fundamentals.** New York, ASHRAE, 1993.

ATEM, Camila Gregório, BASSO, Admir. **Apropriação e eficiência do brise-soleil: o caso de Londrina (PR).** Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 5, n. 4, p. 29-45, out./dez. 2005.

BITTENCOURT, L. **Uso das cartas solares – diretrizes para arquitetos.** Maceió: Edufal, 1988.

BRUAND, Yves. **Arquitetura Contemporânea no Brasil.** São Paulo: Perspectiva, 1981.

CANDIDO, C.;TORRES, S.;CABÚSC,R. **Análise da utilização de Prateleiras de luz em edifício de pesquisas da UFAL, Maceió- AL.** In: IV Encontro Latino-Americano e VIII Encontro Nacional sobre Conforto no Ambiente Construído, 2005, Maceió, 2005.

CARLO, J. C.;LAMBERTS, R. **Parâmetros e métodos adotados no regulamento de etiquetagem da eficiência energética de edifícios – parte 1: método prescritivo.** Revista Ambiente Construído, Porto Alegre, 2010

CARLO, J. C. **Desenvolvimento de Metodologia de Avaliação da Eficiência Energética do Envoltório de Edificações Não-Residenciais.** Florianópolis, 2008. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.

CORNETET, M. C. **Recomendações para especificação de vidros em edificações comerciais na região climática de Porto Alegre-RS–** Santa Maria,

2009. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, RS, 2009. 168 f.

CASTRO, L. T.; WESTPHAL, F. S. **Etiqueta nacional de conservação de energia: Comparativo entre o método prescritivo e simulação para análise de desempenho da envoltória**. In: VII Encontro Latino-Americano e XI Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído, 2011, Búzios-RJ, 2011.

E. P. E. Empresa de Pesquisa Energética. Acessado em 23.05.2012. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/ResenhaMensal/Forms/EPEResenhaMensal.aspx>

FERREIRA, C. C.; SOUZA, R. V. G. **Avaliação dos impactos dos brises no conforto térmico e luminoso conforme as recomendações do RTQ-C: Estudo do Tribunal de Justiça de Minas Gerais**. XIII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, Canela RS, 2010.

FÉLIX, A. B. **Os edifícios de escritórios na cidade de São Paulo: transformações e tipologias**. 2006. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade Presbiteriana Mackenzie.

FONTENELLE, M. R., SANTOS, M. J. O. Análise da aplicação de parâmetros da envoltória no método prescritivo do RTQ-C: **A relação do bioclimatismo com a eficiência energética de edifícios**. In: VII Encontro Latino-Americano e XI Encontro Nacional sobre Conforto no Ambiente Construído, 2011, Búzios - RJ, 2011.

FOSSATI, M.; LAMBERTS, R. **Eficiência energética da envoltória de edifícios de escritórios de Florianópolis: discussões sobre a aplicação do método prescritivo do RTQ-C**. IN: Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 10, n. 2, p. 59-69, abr./jun. 2010.

FROTA, A. B. **Geometria da insolação**. São Paulo: Geros, 2 ed. 2004.

FROTA, A. B, SCHIFFER, S. **Manual de conforto térmico**. São Paulo: Nobel, 2000.

GIVONI, Baruch. **Climate Considerations in Building and Urban Design**. New York: John Wiley & Sons, 1997.

GÓES, C. A. O. **Cálculo de radiação solar sobre brise-soleil e janela**. In: Anais do III Encontro Nacional e I Encontro Latino-americano de Conforto no Ambiente Construído Gramado RS: ANTAC, 1995.

GUTIERREZ, G. C. R; LABAKI, L. C. **Associação de vidros e brise-soleil em sistemas de aberturas: análise das temperaturas internas**. In: VII Encontro Latino-Americano e XI Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído, 2011, Búzios-RJ, 2011.

GUTIERREZ, G. C. **Avaliação do Desempenho Térmico de Três Tipologias de Brise-Soleil Fixo**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, 2004.

INTERNACIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 7730** Ergonomics of the thermal environment – Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of PMV and PPD indices and local comfort criteria. Geneva, 2005.

LAMBERTS, R; DUTRA, L; PEREIRA, F. O. R. **Eficiência energética na arquitetura.** São Paulo: PW, 1997

LAMBERTS, R; DUTRA, L; PEREIRA, F. **Eficiência energética na arquitetura.** São Paulo: ProLivros, 2004.

LAMBERTS, R.; GOULART, S.; CARLO, J.; WESTPHAL, F.; PONTES, R. **O Regulamentação de etiquetagem voluntária de nível de eficiência energética de edifícios comerciais e públicos.** In: V Encontro Latino-Americano e IX Encontro Nacional sobre Conforto no Ambiente Construído, 2007, Ouro Preto, 2007.

LIMA, T. B. S. **Levantamento das características tipológicas de edifícios de escritórios de Brasília. Ouro Preto.** In: V Encontro Latino-Americano e IX Encontro Nacional sobre Conforto no Ambiente Construído, 2007, Ouro Preto, 2007.

LIMA, I. S. P. **Insolação em Edificações.** In: 7ª Mostra acadêmica UNIMEP. Piracicaba.SP,2009. Disponível em: <http://www.unimep.br/phpg/mostraacademica/anais/7mostra/4/367.pdf>. Acessado em 20.06.2010.

MARAGNO, G. V. **Eficiência e Forma do Brise-Soleil na Arquitetura de Campo Grande.** Dissertação ( Mestrado em Arquitetura ) – Programa de Pós Graduação em Arquitetura, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2000.

MELO, A. P. **Desenvolvimento de um método para estimar o consumo de energia de edificações comerciais através da aplicação de redes neurais.** Tese (Doutorado) – Programa de Pós- Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, 2012.

MELO, A. P., CÓSTOLA, D.; LAMBERTS, R.; HENSEN, J. I. M. **Avaliação comparativa entre o método prescritivo e o método de simulação para determinação do nível de eficiência da envoltória de edificações comerciais.** In: VII Encontro Latino-Americano e XI Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído, 2011, Búzios-RJ, 2011.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **Regulamento Técnico de Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais de Serviço e Públicos.** MME,2009.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **Regulamento Técnico de Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais de Serviço e Públicos.** MME,2010.

MIZGIER, Martin Ordenes. **Etiquetagem de Eficiência Energética em Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos**. Apresentação. Curso Eletrobrás. Rio de Janeiro: Outubro de 2010.

NICOLETTI, A. M. A; AMORIM, C. N. D. **Análise do desempenho térmico de envoltória através da aplicação da metodologia prescritiva da etiquetagem de eficiência energética de edificações**. In: VII Encontro Latino-Americano e XI Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído, 2011, Búzios-RJ, 2011.

OLGYAY, Aladar; OLGAYAY, Victor. **Solar control and shading devices**. New Jersey: Princeton University Press, 1957.

OLGYAY, V.; OLGAYAY, A. **Design with climate, bioclimatic approach to architectural regionalism**. New Jersey: Princeton University Press, 1963.

PEIXOTO, M. S. **Sistemas de proteção de fachadas na escola carioca: de 1935 a 1955**. 1994. Dissertação (Mestrado em Arquitetura), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1994.

PORTO, M. M.; SILVA, A. P. F.; SILVÉRIO, C. S. **O Projeto de Iluminação na Análise Ergonômica do Trabalho**. In: ENEGEP 97, (170 Encontro Nacional de Engenharia de Produção e 3rd International Congress of Industrial Engineering), 1997, Gramado. Anais do EMEGEP 97. Gramado: ABEPRO, 1997.

**RELATÓRIO FINAL DO BALANÇO ENERGÉTICO NACIONAL 2011**. Ano base 2010. Ministério de Minas e Energia – MME. Download: [https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio\\_Final\\_BEN\\_2011.pdf](https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio_Final_BEN_2011.pdf). Acesso em 24.05.2012.

RIVERO, R. **Arquitetura e Clima: Acondicionamento Térmico Natural**. Porto Alegre: D.C. Luzzato Editores, 1985

RODRIGUES, C. O. M.; DIAS, A. R. D.; PEDRINI, A. **Grandes aberturas, porém sombreadas: análise da caracterização do sombreamento visando a eficiência energética para o clima quente e úmido**. In: VII Encontro Latino-Americano e XI Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído, 2011, Búzios-RJ, 2011.

ROMERO, M. A. B.. **Princípios bioclimáticos para desenho urbano**. 2 ed. São Paulo: Pro Editores, 2000.

SANTOS, I.V ; SOUZA;R. V. G. **Proteções solares no Regulamento brasileiro de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos**. In Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 12, n. 1, p. 227-241, jan./mar. 2012.

SILVA, Joane Saibrosa. **A Eficiência do Brise-Soleil em Edifícios Públicos de Escritórios: Estudo de casos no Plano Piloto de Brasília**. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) – Programa de e Pós-graduação da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Brasília, 2007.

VEGA, N.; CUNHA, E. G. **Viabilidade do uso de protetores solar na fachada oeste do hotel Jacques George Tower em Pelotas, RS.** In: XIII Encontro Nacional do Ambiente Construído. ENTAC 2010. Canela, 2010.

VOLTANI, E. R.; LABAKI, L. C. **Revisão da última versão da Norma ISSO 7730 (2005).** In: 12º Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, Fortaleza, 2008.

YAMAKAWA, M. A.; WESTPHAL, F. S. **Influência do percentual de abertura nas fachadas e do fator solar dos vidros na etiquetagem do PROCEL/INMETRO : Método prescritivo x simulação.** In: VII Encontro Latino-Americano e XI Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído, 2011, Búzios-RJ, 2011.

ZÓFOLI, G. R. **Contribuição termo-energética dos fechamentos transparentes em edifícios comerciais climatizados artificialmente em Santa Maria- RS.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil – Universidade Federal de Santa Maria, 2011.

WEBER, C. P. **O uso do brise-soleil na arquitetura da região central do Rio Grande de Sul.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, 2005.