

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

**RECOMENDAÇÕES PARA ESPECIFICAÇÃO DE
VIDROS EM EDIFICAÇÕES COMERCIAIS NA
REGIÃO CLIMÁTICA DE PORTO ALEGRE-RS**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Mariângela Conte Cornetet

Santa Maria, RS, Brasil

2009

RECOMENDAÇÕES PARA ESPECIFICAÇÃO DE VIDROS EM EDIFICAÇÕES COMERCIAIS NA REGIÃO CLIMÁTICA DE PORTO ALEGRE-RS

por

Mariângela Conte Cornetet

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Área de Concentração em Conforto Ambiental, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de
Mestre em Engenharia Civil

Orientador: Prof.Dr. Joaquim Cesar Pizzutti dos Santos

Santa Maria, RS, Brasil

2009

Cornetet, Mariângela Conte

D713p

Recomendações para especificação de vidros em edificações comerciais na região climática de Porto Alegre-RS / por Mariângela Conte Cornetet ; orientador Joaquim Cesar Pizzuti dos Santos. – Santa Maria, 2009.

168 f.; il.

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

1. Engenharia civil 2. Especificação de vidros 3. Edifícios comerciais 4. Comportamento térmico 5. Comportamento lumínico I. Santos, Joaquim Cesar Pizzuti dos, orient. II. Título

CDD: 72:699.844

Ficha catalográfica elaborada por
Luiz Marchiotti Fernandes – CRB 10/1160
Biblioteca Setorial do Centro de Ciências Rurais/UFSM

**Universidade Federal de Santa Maria
Centro de Tecnologia
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada,
aprova a Dissertação de Mestrado

**RECOMENDAÇÕES PARA ESPECIFICAÇÃO DE VIDROS EM
EDIFICAÇÕES COMERCIAIS NA REGIÃO CLIMÁTICA DE PORTO
ALEGRE-RS**

Elaborada por
Mariângela Conte Cornetet

como requisito parcial para obtenção do grau de
Mestre em Engenharia Civil

COMISSÃO EXAMINADORA:

Prof. Dr. Joaquim César Pizzutti dos Santos
(Presidente/Orientador)

Heitor da Costa Silva, Arq. Ph. D. (UFRGS)

Lizandra Garcia Lupi Vergara, Arq. Dr. (UFSM)

Santa Maria, 18 de novembro de 2009.

Dedico esta dissertação a toda minha família, especialmente ao meu marido Marcelo, parceiro de projetos arquitetônicos e de vida! Aos meus filhos queridos Betina e João Marcelo, ao meu pai Sylvio Conte, que deve estar vibrando com mais esta minha conquista, mesmo estando em outra dimensão, e à minha mãe Nelsy Conte, exemplo e força, sempre!

Agradecimentos

Ao amigo e professor Dr. **Eduardo Rizzatti**, diretor do Centro de Tecnologia da UFSM, pela oportunidade de conhecer esta universidade e seus competentes profissionais, em especial meu orientador Prof. Dr. **Joaquim César Pizzutti dos Santos**, parceiro em trabalhos relacionados à minha paixão e inspiração, O VIDRO.

Aos colegas e amigos, Engenheiro **Luiz Jorge Pinheiro**, pelo exemplo de competência e dedicação profissional, e aos Engenheiros **Carlos Henrique Mattar** e **Cristiane Vieira**, pela contribuição com este trabalho.

Ao Engenheiro Mecânico **Fábio Botega**, projetista de sistemas de condicionamento de ar, pela disponibilidade em contribuir com dados práticos para esta dissertação.

Ao professor Arq. PhD. **Heitor da Costa Silva**, profissional reconhecido na comunidade científica e à Arq. Dr^a. **Lizandra Garcia Lupi Vergara**, que gentilmente aceitaram compor a banca examinadora.

A todos, meu muito obrigada!

RESUMO

Dissertação de Mestrado
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil
Universidade Federal de Santa Maria

RECOMENDAÇÕES PARA ESPECIFICAÇÃO DE VIDROS EM EDIFICAÇÕES COMERCIAIS NA REGIÃO CLIMÁTICA DE PORTO ALEGRE-RS

AUTORA: ARQUITETA URBANISTA MARIÂNGELA CONTE CORNETET
ORIENTADOR: PROF.DR. JOAQUIM CESAR PIZZUTTI DOS SANTOS
Data e Local da Defesa: Santa Maria, 18 de novembro de 2009.

Em edifícios comerciais, grande parte da energia necessária é gasta para o condicionamento térmico dos ambientes. Os fechamentos transparentes destes edifícios têm grande importância neste fato, pois significativo percentual das trocas térmicas ocorre através destes elementos. Este trabalho faz uma avaliação das mudanças históricas na utilização de vidros em prédios comerciais na cidade de Porto Alegre no estado do Rio Grande do Sul, evidenciando a consideração do aspecto do controle térmico e luminoso dos ambientes. Para cada período histórico, observa-se que as opções de vidros disponíveis no mercado, e especificados, são diferentes, resultando em comportamentos ambientais térmicos e visuais também diferentes. Este trabalho foi baseado em dados históricos do período de 1992 a 2009, permitindo uma análise dos desempenhos de cada solução, considerando-se as características espectrofotométricas dos vidros, valores de fator solar, transmissão no visível e transmitância térmica, e sua relação com a quantidade de energia necessária para refrigerar e aquecer suas salas. Foram analisados 25 edifícios comerciais na cidade, e destes, foram selecionadas sete considerados representativos para sua época, com soluções diferentes em seus envidraçamentos. Os dados obtidos serviram de base para comparar suas performances, nas devidas orientações solares, com as de um vidro comum. Observou-se que há uma tendência pela especificação de vidros menos refletivos, favorecendo o aumento da quantidade de energia que adentra as salas, e também de vidros insulados, que dificultam as trocas térmicas entre ambientes.

Palavras-chave: especificação de vidros; edifícios comerciais; comportamento térmico; comportamento lumínico.

ABSTRACT

Master's Degree Thesis
Graduation Program in Civil Engineering
Federal University of Santa Maria

RECOMMENDATIONS REGARDING THE SPECIFICATION OF GLASSES ON BUSINESS BUILDINGS ON THE CLIMATE ZONE OF PORTO ALEGRE - RS

Author: Architect Urban Planner Mariângela Conte Cornetet
Supervisor: Professor Doctor Joaquim Cesar Pizzutti dos Santos

In business buildings, great part of the required power is spent on the air conditioning of internal settings. The transparent façades on such buildings are greatly significant on such matters, since a notable percentage of the thermal exchanges happen through these elements. This paper structures an overview on the historical changes on the use of glasses on business buildings in the city of Porto Alegre, state of Rio Grande do Sul, highlighting the contemplation of the aspect of thermal and luminosity control on built environments. For each historical period, it's notable that the availability of different types of glasses on the market, chosen by architects, changes, resulting in diverse thermo-environmental and visual behaviors. The present paper was based on historical data, ranging from the period of 1992 to 2008, allowing analyses based on the performance of each alternative, taking into consideration the glasses' spectrophotometric characteristics, solar factor values, visible transmission and thermal transmittance and the relation within the amount of energy required for cooling and heating the considered settings. 25 buildings were analyzed in the city and, from those, seven were selected for being considered to be representative of their period, with different solutions on their glass coverings. The data obtained was the basis for comparing their performances, on the various solar orientations, with that of a common glass. A trend of specifying lenses less reflective has been observed, with an increase in the amount of energy inflowing the rooms; and insulated glasses also, that hamper trade among environments.

Key-Words: Specification of glasses; business buildings; thermal behavior, luminous behavior.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – Consumo e importação de energia elétrica 2000 -2020.....	19
FIGURA 2 – Casa de shows Circo Voador – Rio de Janeiro.....	24
FIGURA 3 – Processo de fabricação do vidro <i>float</i>	32
FIGURA 4 – Esquema do processo de fabricação do vidro temperado.....	33
FIGURA 5 – Comparativo da performance do vidro em relação aos Raios UV.....	35
FIGURA 6 – Fabricação dos vidros refletivos a vácuo e pirolítico	36
FIGURA 7 – Fabricação dos vidros metalizados a vácuo	37
FIGURA 8 – Vidro insulado ou duplo.....	38
FIGURA 9 – Preferências térmicas.....	41
FIGURA 10 – Casa da cascata – Frank Lloyd Wright.....	42
FIGURA 11 – Villa Savoye – Le Corbusier.....	42
FIGURA 12 – Efeito “estufa”.....	45
FIGURA 13 – Troca térmica por Condução.....	45
FIGURA 14 – Regiões climáticas do Brasil.....	46
FIGURA 15 – Temperaturas médias anuais no RS	47
FIGURA 16 – III Perimetral – Avenidas Dom Pedro II e Carlos Gomes em Porto Alegre	49
FIGURA 17 – Espectro da radiação solar.....	53
FIGURA 18 – Formas da radiação solar na superfície terrestre.....	54
FIGURA 19 – Classificação de iluminâncias por tarefas	55
FIGURA 20 – Ganhos de calor sobre superfície de vidro.....	56
FIGURA 21 – Fachada convencional	60
FIGURA 22 – Fachada pele de vidro.....	61
FIGURA 23 – Fachada “Structural Glazing”.....	62
FIGURA 24 – Edifício Evolution Tower – Curitiba, PR.....	62
FIGURA 25 – Edifício Birmann 31 – São Paulo, SP.....	63
FIGURA 26 – Evolução nos tipos de caixilhos.....	64

FIGURA 27 – Localização dos edifícios analisados (III Perimetral Porto Alegre – Carlos Gomes e Dom Pedro II)	66
FIGURA 28 – Croquis sala envidraçada.....	68
FIGURA 29a e 29b – Edifícios na avenida Paulista, São Paulo e III Perimetral, Porto Alegre.....	75
FIGURA 30 – Composições dos vidros dos edifícios analisados X período de construção.....	75
FIGURA 31 – Edifício Sir Winston	77
FIGURA 32 – Localização do Edifício Sir Winston.....	77
FIGURA 33 – Corte esquemático composição dos vidros.....	78
FIGURA 34 – Edifício Augusto Meyer.....	82
FIGURA 35 – Localização do Edifício Augusto Meyer	82
FIGURA 36 – Edifício Augusto Meyer – Corte esquemático composição vidros.....	83
FIGURA 37 – Edifício Quebec	87
FIGURA 38 – Localicação do Edifício Quebec	87
FIGURA 39 – Edifício Quebec – Corte esquemático composição vidros.....	88
FIGURA 40 – Edifício América Bussines Square	92
FIGURA 41 – Localização do Edifício América Bussines Square	92
FIGURA 42 – Edifício América Bussines Square – Corte esquemático composição vidros.....	93
FIGURA 43 – Edifício Carlos Gomes 222.....	96
FIGURA 44 – Localização do Edifício Carlos Gomes 222.....	97
FIGURA 45 – Edifício Carlos Gomes 222 – Corte esquemático composição vidros.....	98
FIGURA 46 – Edifício Eolis.....	101
FIGURA 47 – Localização do Edifício Eolis	101
FIGURA 48 – Edifício Eolis – Corte esquemático composição vidros.....	102
FIGURA 49 – Edifício CIEE-RS.....	106
FIGURA 50 – Localização do Edifício CIEE-RS.....	106
FIGURA 51 – Edifício CIEE-RS – Corte esquemático composição vidros.....	107
FIGURA 52 – Corte esquemático vidros fachada Leste.....	110
FIGURA 53 – Corte esquemático vidros fachada Oeste.....	112
FIGURA 54 – Consumo anual de energia dos edifícios analisados (W/ m2).....	116
FIGURA 55 – Comparativo consumo anual de energia dos edifícios analisados em relação a edifícios com vidros comuns (W/ m2).....	117
FIGURA 56 – Tela software Calumen.....	132

FIGURA 57 – Edifício Edel Trade Center.....	138
FIGURA 58 – Edifício Centro Profissional Uffizi.....	138
FIGURA 59 – Edifício Sir Winston.....	139
FIGURA 60 – Edifício Centro Profissional Barão de Mauá.....	139
FIGURA 61 – Edifício Centro Profissional Augusto Meyer	140
FIGURA 62 – Edifício Hotel Deville.....	140
FIGURA 63 – Edifício Centro Empresarial Quebec.....	141
FIGURA 64 – Edifício Sheraton Hotel.....	141
FIGURA 65 – Edifício Centro Clínico Tiradentes – HMV.....	142
FIGURA 66 – Edifício Sede SETCERGS.....	142
FIGURA 67 – Edifício America Business Square.....	143
FIGURA 68 – Edifício TRF 4ª. região.....	143
FIGURA 69 – Edifício Foro Partenon.....	144
FIGURA 70 – Edifício Borges 2233.....	144
FIGURA 71 – Edifício Iguatemi Corporate.....	145
FIGURA 72 – Edifício Centro Profissional Getúlio Vargas.....	145
FIGURA 73 – Edifício Carlos Gomes 222.....	146
FIGURA 74 – Edifício Banco Matone.....	146
FIGURA 75 – Edifício Corporate Station.....	147
FIGURA 76 – Edifício Furriel 250.....	147
FIGURA 77 – Edifício Centro Empresarial Eolis.....	148
FIGURA 78 – Edifício Ministério Público.....	148
FIGURA 79 – Edifício SICREDI.....	149
FIGURA 80 – Edifício CIEE-RS.....	149
FIGURA 81 – Edifício Centro Administrativo Farroupilha.....	150
FIGURA 82 – Características espectrofotométricas vidros – Edifício Sir Winston.....	152
FIGURA 83 – Características espectrofotométricas vidros – Edifício Augusto Meyer....	153
FIGURA 84 – Características espectrofotométricas vidros – Edifício Quebec.....	154
FIGURA 85 – Características espectrofotométricas vidros – Edifício America Business Square.....	155
FIGURA 86 – Características espectrofotométricas vidros – Edifício Carlos Gomes 222.....	156
FIGURA 87 – Características espectrofotométricas vidros – Edifício Eolis.....	157
FIGURA 88 – Características espectrofotométricas vidros – Edifício CIEE-RS.....	158
FIGURA 89 – Cargas térmicas vidros – Edifício Sir Winston.....	160

FIGURA 90 – Cargas térmicas vidros – Edifício Augusto Meyer.....	161
FIGURA 91 – Cargas térmicas vidros – Edifício Quebec.....	162
FIGURA 92 – Cargas térmicas vidros – Edifício America B. Square.....	163
FIGURA 93 – Cargas térmicas vidros – Edifício Carlos Gomes 222.....	164
FIGURA 94 – Cargas térmicas vidros – Edifício Eolis.....	165
FIGURA 95 – Cargas térmicas vidros – Edifício CIEE-RS.....	166
FIGURA 96 – Cargas térmicas vidros – Edifício simulado com vidros comuns e fachada Leste.....	167
FIGURA 97 – Cargas térmicas vidros – Edifício simulado com vidros comuns e fachada Oeste.....	168

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – Características espectrofotométricas dos vidros dos edifícios analisados.....	68
TABELA 2 – Tipologias dos edifícios analisados.....	69
TABELA 3 – Condições externas de projeto para inverno.....	71
TABELA 4 – Condições externas de projeto para verão.....	71
TABELA 5 – Percentagem da variação diária da temperatura externa (PVD).....	72
TABELA 6 – Fator de ganho de calor solar para janelas ensolaradas.....	72
TABELA 7 – Fator de carga de resfriamento para janelas sem proteção interna.....	73
TABELA 8 – Cargas térmicas edifício 1 – Sir Winston.....	80
TABELA 9 – Cargas térmicas edifício 2 – Augusto Meyer.....	85
TABELA 10 – Cargas térmicas edifício 3 – Quebec.....	90
TABELA 11 – Cargas térmicas edifício 4 – America Business Square.....	95
TABELA 12 – Cargas térmicas edifício 5 – Carlos Gomes 222.....	99
TABELA 13 – Cargas térmicas edifício 6 – Centro Empresarial Eolis.....	104
TABELA 14 – Cargas térmicas edifício 7 – CIEE-RS.....	109
TABELA 15 – Cargas térmicas em um edifício com vidros incolores 3 mm fachada Leste.....	111
TABELA 16 – Cargas térmicas em um edifício com vidros incolores 3 mm fachada Oeste.....	113
TABELA 17 – Características e cargas térmicas das salas dos edifícios.....	114
TABELA 18 – Consumo anual de energia pelas salas dos edifícios analisados.....	115
TABELA 19 – Cargas térmicas calculadas e dadas pelo software.....	120

LISTA DE ANEXOS

ANEXO A – <i>Software</i> Calumen (Saint Gobain) – explicativo	132
ANEXO B – <i>Software</i> E-20 (Carrier) – explicativo	134

LISTA DE APÊNDICES

APÊNDICE A – Edifícios comerciais envidraçados analisado em Porto Alegre (Período de 1992 a 2009).....	137
APÊNDICE B – Características espectrofotométricas dos vidros dos edifícios analisados (Calumen).....	151
APÊNDICE C – Cálculo das cargas térmicas pelo software E-20 (Carrier).....	159

LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

<i>A</i>	– Área (m ²)
<i>Abs</i>	– Absortância (%)
<i>ABNT</i>	– Associação Brasileira de Normas Técnicas
<i>ASHRAE</i> Engineers	– American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning
<i>ASTM</i>	– American Society for Testing and Materials
<i>CS</i>	– Coeficiente de sombreamento
<i>Ed</i>	– Edifício
<i>FCS</i>	– Fator de calor solar (%)
<i>FCR</i>	– Fator de carga de resfriamento para janelas sem proteção interna
<i>FGCS</i>	– Fator de ganho de calor solar para janelas ensolaradas (W/ m ²)
<i>FS</i>	– Fator solar (%)
<i>IV</i>	– Infravermelho
<i>PMV</i>	– Voto médio estimado ou voto de sensação de conforto
<i>PVB</i>	– Polivinil Butiral
<i>PVD</i>	– Percentagem de variação diária de temperatura externa
<i>PPD</i>	– Percentual de pessoas satisfeitas
<i>Q</i>	– Calor (kcal)
<i>Qa</i>	– Carga térmica para aquecimento (W/ m ²)
<i>Qr</i>	– Carga térmica para resfriamento (W/ m ²)
<i>Qvc</i>	– Parcela de calor transmitida por condução
<i>Qvi</i>	– Parcela de calor transmitida por radiação
<i>Rext</i>	– Reflexão externa (%)
<i>RHG (Heat Gain)</i>	– Ganho de calor por radiação e condução

<i>SLC</i>	– Relação de seletividade luz/calor
<i>t</i>	– Temperatura (°C)
<i>teh</i>	– Temperatura externa horária (°C)
<i>ti</i>	– Temperatura de conforto (°C)
<i>Tbs</i>	– Temperatura externa de bulbo seco (°C)
<i>T_v ou TLum</i>	– Transmitância da luz visível (%)
<i>TRY</i>	– Ano climático de referência
<i>Uinv</i>	– Transmitância térmica ou coeficiente global de transmissão de calor no inverno (W/m ² °C ou W/m ² K)
<i>Uver</i>	– Transmitância térmica ou coeficiente global de transmissão de calor no verão (W/m ² °C ou W/m ² K)
<i>UV</i>	– Ultravioleta
<i>VD</i>	– Variação diária de temperatura
<i>α</i>	– Absortividade

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	19
1.1 Objetivos	21
1.1.1 Objetivo geral	21
1.1.2 Objetivos específicos.....	21
1.2 Estrutura da dissertação	22
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	23
2.1 O Vidro, histórico e conceito	30
2.2 Tipos de vidros e processos de fabricação	31
2.2.1 Vidros <i>float</i>	31
2.2.2 Vidros impressos	32
2.3 Vidros transformados	33
2.3.1 Vidros temperados	33
2.3.2 Vidros laminados	34
2.3.3 Vidros refletivos	36
2.3.4 Vidros duplos ou insulados.....	38
2.4 Conforto térmico	39
2.5 Arquitetura e conforto térmico	41
2.6 Influência dos fechamentos transparentes no conforto térmico	44
2.7 O Clima de Porto Alegre	46
2.8 Normas técnicas referentes a envidraçamentos	50
2.9 Comportamento dos vidros frente à radiação solar	52
2.9.1 Radiação solar	52
2.9.2 Características óticas dos vidros.....	53

2.9.3 Características térmicas dos vidros.....	55
2.9.4 Mecanismos de trocas térmicas através das superfícies transparentes	57
2.9.5 Relação de Seletividade Luz/Calor (SLC)	57
2.10 Evolução na utilização dos vidros em fachadas	59
3 METODOLOGIA	65
3.1 Metodologia de cálculo das cargas térmicas das fachadas envidraçadas dos edifícios analisados	67
3.1.1 Metodologia de cálculo manual	67
3.1.1.1 Cálculo de carga para aquecimento das salas.....	69
3.1.1.2 Cálculo de carga para resfriamento das salas	70
3.1.2 Metodologia de cálculo através do software E-20 (Carrier).....	73
4 RESULTADOS.....	74
4.1 Prédios comerciais envidraçados em zona típica de Porto Alegre	74
4.1.1 Edifício 1 – Sir Winston (1994)	76
4.1.1.1 Características do Edifício Sir Winston.....	78
4.1.1.2 Cálculo das cargas térmicas para aquecimento e resfriamento das salas do Edifício Sir Winston	79
4.1.2 Edifício 2 – Augusto Meyer (1996)	81
4.1.2.1 Características do Edifício Augusto Meyer.....	83
4.1.2.2 Cálculo das cargas térmicas para aquecimento e resfriamento das salas do Edifício Augusto Meyer	84
4.1.3 Edifício 3 – Quebec (1999)	86
4.1.3.1 Características do Edifício Quebec	88
4.1.3.2 Cálculo das cargas térmicas para aquecimento e resfriamento das salas do Edifício Quebec.....	89
4.1.4 Edifício 4 – America Bussines Square (2001)	91
4.1.4.1 Características do Edifício America Bussines Square.....	93
4.1.4.2 Cálculo das cargas térmicas para aquecimento e resfriamento das salas do Edifício America Bussines Square	94
4.1.5 Edifício 5 – Carlos Gomes 222 (2003).....	96
4.1.5.1 Características do Edifício Carlos Gomes 222	97
4.1.5.2 Cálculo das cargas térmicas para aquecimento e resfriamento das salas do Edifício Carlos Gomes 222.....	98
4.1.6 Edifício 6 – Centro Empresarial Eolis (2005).....	100

4.1.6.1 Características do Edifício Centro Empresarial Eolis	102
4.1.6.2 Cálculo das cargas térmicas para aquecimento e resfriamento das salas do Edifício Centro Empresarial Eolis	103
4.1.7. Edifício 7 – CIEE-RS (2008)	105
4.1.7.1 Características do Edifício CIEE-RS	107
4.1.7.2 Cálculo das cargas térmicas para aquecimento e resfriamento das salas do Edifício CIEE-RS	108
4.1.8 Edifício vidro comum (fachada Leste)	110
4.1.8.1 Cálculo das cargas térmicas para aquecimento e resfriamento das salas do Edifício	110
4.1.9 Edifício vidro comum (fachada Oeste).....	112
4.1.9.1 Cálculo das cargas térmicas para aquecimento e resfriamento das salas do edifício	112
4.2 Resumo das tipologias e cargas térmicas dos edifícios analisados.....	114
4.2.1 Consumo anual de energia das salas dos edifícios analisados	116
4.2.2 Economia de energia das salas dos edifícios analisados em relação a uma sala com vidros comuns	117
5 ANÁLISE E RECOMENDAÇÕES PARA DETERMINAÇÃO DO VIDRO A SER USADO EM UMA FACHADA COM ALTA INCIDÊNCIA SOLAR	118
5.1 Análise das características espectrofotométricas dos vidros	119
5.2 Análise das cargas térmicas das salas dos edifícios	120
6 CONCLUSÕES	122
6.1 Sugestões para trabalhos futuros	124
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	125
ANEXOS	131
APÊNDICES	136

1 INTRODUÇÃO

O consumo de energia sempre foi proporcional ao crescimento dos povos. Mas a partir de 1973, após a Segunda Guerra Mundial, a crise do petróleo fez com que os povos passassem a se preocupar com o consumo das energias renováveis. No Brasil, a partir da década de 70, começam a surgir grupos de pesquisadores e estudiosos buscando o uso racional da energia, já que seu consumo cresce aceleradamente. Porém, a década de 90 foi a mais significativa para o movimento ambiental, quando se incorporou a preocupação com as transformações ambientais como fruto do desenvolvimento sócio-econômico do país.

Conforme dados da Revista Economia & Energia (2000), a tendência é que se fará necessária, cada vez mais, a importação de energia para atender o crescimento desenfreado da demanda, conforme Figura 1.

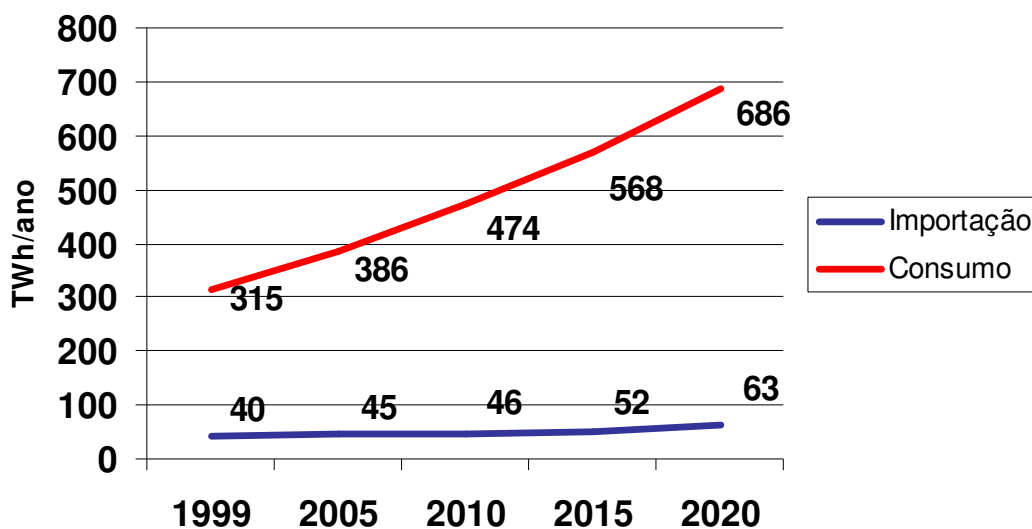


Figura 1 – Consumo e importação de energia elétrica 2000 – 2020

Fonte: Economia & Energia nº 23 - novembro-dezembro 2000

Atualmente, cresce a necessidade de se projetar edifícios energeticamente eficientes, minimizando impactos ambientais e visando a economia na construção, operação, manutenção e conservação destas edificações.

O condicionamento de ar artificial dos edifícios, buscando o conforto térmico para os usuários, é um dos grandes responsáveis pelo aumento do consumo de energia elétrica em nosso país. Mascaró (1991) afirma que 40% da energia consumida em edifícios de escritórios, se dá pelo sistema de condicionamento do ar interno. Lamberts (1997) cita que na cidade de Florianópolis, este consumo no verão chega a 70%, em edifícios envidraçados.

Fachadas opacas, tratadas com soluções para armazenamento de calor no inverno e ventilação para períodos de verão, propostas por pesquisadores para nosso clima tropical, acabam cerceando a criatividade do projetista. Por outras vezes, soluções “importadas”, inspiradas em modelos de edifícios já existentes, padronizam fachadas e, nem sempre obtém os resultados desejados pelos usuários, com relação ao conforto térmico e lumínico.

O vidro, utilizado como fechamento transparente em edifícios comerciais, confere modernidade, transparência e beleza aos projetos, sendo empregado em prédios com tipologias arquitetônicas distintas. Através deste fechamento é por onde se dão as trocas térmicas mais significativas entre interior e exterior da edificação.

Através do conhecimento dos produtos disponíveis no mercado, com alta tecnologia e desempenho, projetistas podem utilizar o vidro como solução para suas fachadas, desde que as trocas térmicas e a disponibilidade de iluminação natural, que ocorrem através dele, contribuam para o conforto dos usuários da edificação.

Fabricantes dos vidros, procurando atender a esta necessidade, desenvolvem novos produtos para fachadas de edifícios, disponibilizando no mercado, alternativas cada vez mais exclusivas para o processo de especificação dos fechamentos transparentes.

Assim, a especificação correta do vidro, além de atender às necessidades estéticas propostas pelo projetista, deve atender ao aspecto econômico, do investimento em relação aos benefícios obtidos, e ao aspecto técnico. Dentro do aspecto técnico devem ser privilegiados o conforto térmico e o conforto visual.

Este trabalho busca avaliar as soluções adotadas ao longo dos últimos 18 anos em prédios comerciais de Porto Alegre, propondo uma orientação aos projetistas quanto ao processo de especificação, através da análise das características óticas e térmicas dos vidros utilizados nestes edifícios, e sua relação com o consumo de energia para condicionamento de ar das salas.

Primeiro pesquisou-se diferentes prédios comerciais envidraçados na cidade de Porto Alegre, e constatou-se que sua tipologia é bastante uniforme. Foram selecionados sete edifícios, onde foram utilizadas soluções diferentes de vidros, caracterizando sua época de construção. Em seguida, foram analisadas as características do envidraçamento em relação à carga térmica necessária para refrigeração e aquecimento das salas.

Ao final dessa dissertação, o projetista terá à sua disposição, através da análise e relacionamento das características de cada solução adotada nos envidraçamentos dos edifícios estudados, subsídios para a avaliação do desempenho dos diferentes tipos de vidros em relação ao conforto térmico e visual, frente às condições climáticas locais. Espera-se com este trabalho auxiliar no processo de decisão na especificação desse elemento construtivo em diferentes situações de fachadas envidraçadas de edifícios.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo geral

Gerar recomendações para auxiliar na especificação de vidros em edificações comerciais na região climática de Porto Alegre-RS.

1.1.2 Objetivos específicos

- ✓ Selecionar edifícios comerciais em zona típica da cidade de Porto Alegre, construídos nos últimos 18 anos, e identificar cronologicamente os que mais identificam seu período de construção;

- ✓ Avaliar a influência de parâmetros como área de superfícies transparentes, área de ventilação, orientação solar destes prédios, características do tipo de vidro, em relação à energia necessária para o condicionamento do ar;

- ✓ Avaliar os benefícios da especificação;
- ✓ Identificar soluções mais adequadas, para servir de instrumento de pesquisa para especificadores de vidro, projetistas e demais profissionais.

1.2 Estrutura da dissertação

Esta dissertação está dividida em seis capítulos: Introdução, Revisão Bibliográfica, Metodologia, Resultados, Análise e Recomendações para determinação do vidro a ser utilizados em fachadas com alta incidência solar e Conclusões.

Na Introdução está a apresentação do tema desenvolvido, e justificativas citando a importância e objetivos propostos.

Na Revisão Bibliográfica, são citados trabalhos importantes dentro do tema proposto e conceitos básicos sobre os diferentes tipos de vidros e seu comportamento frente ao desempenho térmico e eficiência energética, e é apresentada ainda evolução na utilização do vidro em fachadas, citando os edifícios analisados na cidade de Porto Alegre.

No terceiro e quarto capítulos são apresentados a Metodologia e os Resultados da eficiência térmica e lumínica das fachadas dos edifícios, considerando-se a performance de cada tipo de vidro.

No quinto capítulo são analisadas as características espectrofotométricas dos envidraçamentos dos edifícios e as cargas térmicas transmitidas ao interior das salas através dos vidros, comparando diferentes soluções, com relação ao desempenho em relação ao conforto térmico e visual.

O sexto capítulo apresenta as conclusões e sugere recomendações para determinação do tipo de vidro em fachadas e também sugestões para trabalhos futuros.

Finalizando, são apresentadas as referências bibliográficas, anexos e apêndices com planilha utilizada para coleta e análise de dados, explicativo dos softwares utilizados, imagens de todos os edifícios levantados e características dos envidraçamentos.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo remete a outros trabalhos que se referem ao vidro aplicado na construção civil, e sua contribuição com a redução no consumo de energia elétrica nas edificações, apresentando também um breve histórico sobre o vidro, suas possibilidades de transformação buscando ganhos em segurança, resistência, controle solar e acústico para as edificações. Além disto, nesta revisão são abordados conceitos com relação ao conforto térmico das edificações e o comportamento dos diversos tipos de vidros frente à radiação solar.

O crescimento desenfreado das cidades, aliado ao acentuado aumento demográfico, elevou os níveis de consumo, tornando o meio ambiente a principal forma de sustentabilidade de todas essas mudanças. Como consequência, observa-se uma infra-estrutura incapaz de atender a essa demanda. A partir da necessidade de elaborar empreendimentos eficientes, com menor impacto ambiental e economicamente viável, a construção civil reformulou o seu processo de desenvolvimento de projetos, determinando novos padrões de qualidade ambiental e humana.

Surge a necessidade de reduzir a degradação e os impactos ambientais através de uma arquitetura sustentável, que vem ganhando destaque através dos “edifícios verdes” ou “Green Buildings”. Equipes multidisciplinares buscam soluções para projetos eficientes, que utilizem de forma inteligente os recursos naturais. Com a difusão dos empreendimentos “verdes” estabeleceram-se também sistemas e métodos para avaliação de desempenho ambiental dessas edificações. Pesquisas mostram que o sistema norte americano *LEED (Leadership in Energy and Environmental Design)* é o método que está sendo utilizado por um crescente número de países, inclusive o Brasil. O *LEED* tem o apoio de associações e fabricantes da indústria da construção civil, o que favorece sua ampla disseminação. Neste método, o desempenho ambiental do edifício é avaliado de forma global ao longo do seu ciclo de vida e o critério exigido é o cumprimento de uma série de pré requisitos e, conforme o desempenho é obtida a classificação.

A partir de 2000, com a formalização da integração do Brasil ao GBC (*Green Building Challenge*), consórcio internacional que objetiva um método para avaliação

de edificações conforme diversidades técnicas regionais surgem no país vários projetos que buscam a eficiência, como o do Circo Voador no Rio de Janeiro (Figura 2), onde foram utilizados sistemas de exaustão e nebulização que podem economizar em até 94% os investimentos iniciais e reduzir o consumo de energia em aproximadamente 90%, conforme Laar (2007).

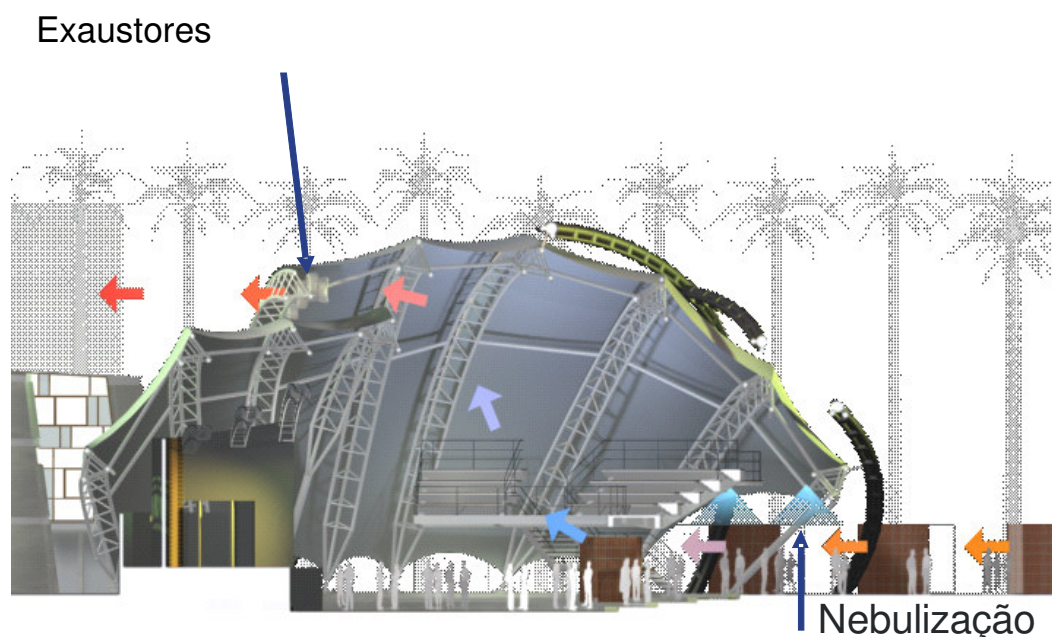


Figura 2 – Casa de shows Circo Voador – Rio de Janeiro

Fonte: Arq Michael Laar - Seminário “Green Buildings” - Hunter Douglas/ POA, 2007

Atualmente, no Brasil, o Procel (Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica) e a Agenda 21 demonstram a preocupação com o alcance do desenvolvimento sustentável na construção civil.

Silva et al (2006) avaliam e comparam métodos de desempenho ambiental dos edifícios e concluem que é impossível “importar” métodos existentes de países com latitudes e condições sociais, econômicas e ambientais diferentes. Conforme os autores, todos os métodos dão grande importância à emissão de CO₂, o que é significativo em países de clima frio, onde há grande demanda para aquecimento e obtenção de energia com o uso dos combustíveis fósseis. Na maioria do território brasileiro, temos clima quente, onde o resfriamento se faz mais necessário do que o

aquecimento, o que nos faz crer que realmente se faz necessário um método de avaliação e certificação adequado ao nosso clima.

Considerando o agravamento da crise energética em 2001, em estudo visando à criação de uma legislação brasileira de eficiência energética, Rosa e Lomardo (2004), concluem que aliando a proporção ideal de janelas nas fachadas ao uso de iluminação natural em uma edificação de escritório, o consumo de energia pode ser reduzido em até 13,4%, e mais ainda se forem usados vidros para controle térmico, aliado a cortinas internas. Daí a importância de identificar quais são os vidros disponíveis para controle térmico, e quais os benefícios oferecidos por eles.

Vosgueritchian (2005) pretende levantar indicadores de desempenho de sustentabilidade de edifícios, já que os métodos e critérios de avaliação de conforto ambiental não são razoavelmente descritos nos manuais, possuindo informações superficiais e insatisfatórias, conforme o autor. Estes métodos são baseados em normas americanas ou resultam de avaliações pós-ocupação dos usuários, o que nos faz concluir que não se adaptam às condições climáticas brasileiras, pois são avaliações subjetivas que dependem da opinião dos usuários, dificultando a previsão e o controle do desempenho ambiental dos edifícios.

Fernandes (1998) avaliou a influência do vidro no consumo de energia em edificações, e conclui que o consumo de energia despendido através dos aparelhos de ar condicionado é muitas vezes maior que o consumo com iluminação artificial quando ambos estão presentes na edificação. Esta conclusão nos faz crer que devemos tratar com atenção diferenciada às características de transmissão luminosa e térmica de uma fachada envidraçada.

Segundo Frota (2004), o sol, ao atravessar os materiais transparentes, causará uma mancha iluminada no interior do recinto, e incidindo sobre o plano de trabalho, pode ocasionar o ofuscamento. Este fenômeno proporciona uma sensação de desconforto que ocorre quando acontece uma variação muito grande de iluminação. O ofuscamento sobre zonas de trabalho pode diminuir significativamente a produtividade dos trabalhadores. Espera-se que a quantidade de luz enviada pela radiação solar, seja “filtrada” de maneira satisfatória pelo fechamento transparente, caso não existam barreiras do tipo cortinas, telas solares ou brises-soleil.

O desempenho de aberturas e vidros com relação à iluminação natural também é avaliado por Ruggiero e Basso (2001), que concluem sobre a importância da economia de energia obtida através de projetos de edifícios que tirem o máximo

proveito da abundância de luz natural que a abóbada celeste oferece, e sobre a importância do conforto da visão e mais uma vez cita-se os impactos negativos do ofuscamento e do excesso de calor.

Szabo (2001) avaliou historicamente o uso da luz natural na arquitetura moderna identificando aspectos positivos e negativos. Considera positivo o surgimento de uma nova postura para a iluminação do espaço interior e sua integração com o exterior, como também o aumento da luminosidade dos ambientes e a solução do contraste entre a luminosidade da janela e das paredes adjacentes, a nova tecnologia de caixilhos, o controle da luminosidade por meio de filtros, difusores e sombreadores tipo *brise-soleil*, a *higienização* dos edifícios e a melhoria nas condições de trabalho nos ambientes. Szabo considera negativa a desconsideração das realidades locais, a tendência à uniformidade de dar às fachadas o mesmo tratamento, desconsiderando a orientação solar; o alto contraste entre o vidro e a caixilharia; a perda dos jogos de luz e sombra presentes na arquitetura do passado, assim como a substituição da qualidade pela quantidade luminosa, gerando ofuscamentos nos espaços internos, bem como a elevação de sua carga térmica.

Miana e Caram (2005) avaliam experimentalmente o desempenho térmico e luminoso de *brises* transparentes construídos com diversos tipos de vidros, em fachadas norte e oeste, solução pouco utilizada no Brasil. As autoras avaliam a absorção e a reflexão da radiação infravermelha próxima incidente, em relação à passagem da luz. O objetivo é que a luz atravesse o *brise* e incida sobre o vidro incolor, atravessando-o também e provendo luz para o ambiente, e o infravermelho-próximo fique parcialmente retido no *brise*, por absorção ou reflexão, dependendo do material escolhido.

Duer et al (2002) estudaram diferentes tipos de vidros e caixilhos e suas propriedades (valor U, transmitância visível e térmica) em programas computacionais e experimentais para obter a eficiência destes materiais em fachadas, e concluíram que não houve discrepância entre os programas experimentados. Atualmente, os fabricantes de vidros disponibilizam estas informações ao mercado, considerando a incidência normal do sol sobre a fachada do edifício.

Em estudo sobre quantidade de calor absorvida pelas edificações, Mascaro (1991) cita que a quantidade de calor recebida pela cobertura e pelas fachadas de

uma edificação depende muito de sua altura. E conclui que em construções de um só andar, 70% do calor chega na cobertura e 30% nas fachadas; sendo fundamental o isolamento térmico da cobertura. Já em edifícios com mais de sete andares, como a maioria dos edifícios comerciais, esta situação se inverte, 70% da radiação atinge as fachadas e 30%, a cobertura, sendo de grande importância o isolamento térmico destas fachadas.

Em edifícios de escritórios, o bloqueio da entrada da radiação pode causar aumento de consumo de energia elétrica para iluminar estas salas, é o que concluem Cavique e Saraiva (2004). Observou-se, nos edifícios analisados neste trabalho, que os vidros muito refletivos diminuem a transmissão do visível a ponto de exigir iluminação artificial durante todo o dia. Os autores também concluem que câmaras de ar em envidraçamento podem ser um elemento importante para manter a qualidade do ar interno, baixando o consumo energético e representando em torno de 10% de acréscimo sobre o investimento.

A permeabilidade da luz através de fachadas e tipologias arquitetônicas diferenciadas foram avaliadas por Barbosa e Porto (2005), que concluem que os fechamentos transparentes de edifícios modernos podem garantir a permeabilidade visual e o controle das trocas de ar entre interior e exterior através de vãos e janelas em fita, responsáveis pela maior porcentagem de luz natural que chega nesses ambientes, bem como pela integração visual. Além disto, afirmam que os fatores técnicos como orientação e tamanho das aberturas; tipos de vidros e utilização de dispositivos de proteção solar, também devem ser levados em consideração para uso de fechamentos transparentes nas fachadas. O mesmo menciona Aroztegui (1993): “as primeiras decisões gerais da concepção arquitetônica – forma, orientação, distribuição espaço/ funcional, transparências, etc., são decisivas para a qualidade térmica do espaço interior.”

Para analisar as novas formas arquitetônicas aplicadas à arquitetura bioclimática, Trapano e Bastos (2005) avaliaram edifícios do século XXI e como este elemento do projeto foi determinante para expressar o modo como os arquitetos enxergam as questões teóricas da arquitetura e, dentro delas, a questão da crise energética e da necessidade de se preservar o equilíbrio ambiental. Termos como *eco-building*, *eco-tech*, arquitetura sustentável, edifícios bioclimáticos definem projetos de alta tecnologia incorporada aos edifícios, tais como a captação da energia solar, o uso das células fotovoltaicas e o reaproveitamento das águas

servidas, se fazem necessário analisar como esses elementos estão sendo incorporados à arquitetura, influenciando na concepção e no resultado final de sua forma.

Paulino (1999), afirma que a orientação dos prédios em função do curso diário do sol e o uso de materiais de construção adequados às condições climáticas locais podem diminuir o uso de equipamentos de climatização artificial, citando a necessidade de criação de normas e leis eficazes em relação aos códigos de obra das cidades, para integrar de forma menos hostil estes prédios ao meio urbano.

A implementação de medidas que levem a um projeto de ar condicionado energeticamente otimizado ou à otimização das instalações existentes é importante para reduzir custos operacionais, atender às demandas ecológicas e ajudar a evitar os prejuízos econômicos e sociais advindos de um possível colapso no fornecimento de energia, é o que afirmam Fiorelli et al (2001). Para o dimensionamento do equipamento de condicionamento do ar, são levados em conta, as características do edifício e principalmente as características dos fechamentos transparentes, como o vidro, com seus diversos Fatores Solares e Transmitâncias Térmicas.

O chamado efeito estufa está presente não só com os vidros, mas também com os policarbonatos em fachadas de edificações, concluem Labaki et al (1999). Os policarbonatos oferecem ainda a desvantagem de não possuírem boa resistência à abrasão, perdendo rapidamente a característica da transparência, e de não agregarem metalizações à sua superfície, para diminuir a entrada da radiação através do fechamento.

Gilio et al (2001) testaram a reflexão da radiação solar em películas e vidros refletivos a vácuo e concluíram que as películas refletivas de controle solar apresentam reflexão superior à dos vidros refletivos metalizados a vácuo. Assim, películas refletivas são menos transparentes a radiação solar que os vidros metalizados a vácuo, admitindo uma fração menor da radiação solar para o interior do ambiente, e refletindo mais a energia incidente. Quanto à reflexão por região espectral, afirmam que as reflexões que ocorrem para o ultravioleta e luz visível são semelhantes para as películas refletivas e os vidros refletivos. Porém, para o infravermelho próximo, as películas apresentam uma reflexão muito maior que os vidros refletivos. Sendo, conforme os autores, mais indicadas quando se deseja evitar o ganho de calor.

Ainda tratando sobre películas refletivas aplicadas sobre vidros comuns, Bordeira et al (2005) efetuaram medições em duas salas envidraçadas, uma com película e outra sem em edifício comercial na cidade de Petrópolis, RJ, e observaram que os vidros apresentaram diferentes características quanto à transmissão de energia solar e luz natural. A análise comparativa dos gráficos obtidos com as medições de temperatura de bulbo seco do ar nos ambientes interiores indica a redução de ganho de energia solar no ambiente protegido por vidro com película reflexiva, sobretudo nos períodos do dia em que as fachadas estão submetidas à incidência de radiação solar direta. Concluem ainda que, sem a incidência da radiação solar direta, o vidro comum impõe uma perda de energia do ambiente interno para o meio exterior maior do que aquela propiciada pelo vidro protegido com a película. Sugerem que para o clima tropical, a aplicação da película aos vidros pode ser uma estratégia interessante. Também concluem que, sem a incidência da radiação solar, o vidro comum apresenta sua temperatura tendendo a se aproximar da temperatura externa, contribuindo para o resfriamento maior do ambiente.

Surgem também novos produtos destinados aos fechamentos transparentes das fachadas, chamados de “janelas inteligentes” e estudados por Bispo et al (2005). Os autores estudam a utilização de óxidos condutores transparentes como parte integrante da janela. Segundo os mesmos, a utilização de janelas inteligentes com dispositivos capazes de controlar a luminosidade do ambiente, bem como influenciar na temperatura do ambiente, surgem como alternativa politicamente correta, minimizando o uso de energia elétrica na manutenção do conforto térmico.

A eficiência de painéis fotovoltaicos incorporados a edifícios paulistas está sendo avaliada e analisada por Ferreira e Caram (2005), em prédios comerciais construídos na capital paulista, nos últimos três anos.

O consumo energético de postos de trabalho em edifícios de escritórios tem subido de forma significativa, a quantidade de equipamentos utilizados aumenta significativamente as cargas térmicas internas. Este estudo é avaliado por Pirró et al, (2005), que se surpreendem com resultados obtidos para três edifícios reais em Lisboa onde equipamentos eficientes, mais do que fachadas eficientes ou controle do ar novo são um fator determinante na redução do consumo de energia destes edifícios.

2.1 O vidro, histórico e conceito

O vidro é uma substância inorgânica, amorfa e homogênea, obtido pelo resfriamento de massa em fusão (1600 °C), que é resultado da combinação dos seguintes elementos básicos: Sílica, Potássio, Alumina, Sódio, Magnésio e Cálcio. Para a fabricação de vidros coloridos são acrescentados elementos como o Selênio, o Óxido de ferro e o Cobalto. Característica importante, além da transparência, dureza e versatilidade, é que o vidro é totalmente reciclável, atendendo aos preceitos de sustentabilidade exigidas aos novos edifícios. Sua sucata limpa é selecionada e usada também para baixar a temperatura do forno de fusão, e conseqüentemente ajuda a diminuir o consumo de energia.

A história do vidro tem relação com o progresso e o desenvolvimento dos povos e da arquitetura. A busca por soluções, a criação de novas técnicas e as inovações na fabricação do vidro, transformaram-no em componente básico da construção como material de fechamento. Incolor, colorido, refletivo, térmica e acusticamente isolante, para segurança, o vidro está incorporado no cotidiano do homem.

Conforme o Manual do Vidro (2000), o vidro teve origem há 5000 a. C., quando foi descoberto pelos fenícios, que aqueciam blocos de salitre e soda, sobre a areia. Em 1500 a.C. os Egípcios já usavam peças de vidro para adornos, e em 300 a.C. já eram fabricados os primeiros vidros planos com auxílio da cana de sopro (olho de boi). No ano 300 d.C surgem os primeiros espelhos, quando, com a queda de Roma, a indústria vidreira sai da Europa, e a Síria e o Egito tornam-se os centros de produção do vidro. Em 1200 o vidro plano passa a ser fabricado por sopro de cilindros, e em 1300 as vidrarias voltam para a Europa (Veneza e Murano). Em meados de 1600/ 1700 o rei da França, Luiz XIV, chama vidreiros italianos, com o objetivo de construir o Palácio de Versalhes. Surge o cristal escoado sobre mesas. Em 1913 inicia-se a fabricação do vidro estirado pelo Processo FOURCAULT, e em 1916, o Processo LIBBEY-OWENS possibilita a fabricação de vidros com espessuras maiores e também os vidros impressos. Em 1925, surge o Processo PITSBURG, que reduz os defeitos aparentes nas chapas de vidro.

Apenas em 1959 inicia-se, na Inglaterra, a fabricação do vidro *float*, processo de última geração, utilizado até hoje, para garantir perfeita planicidade à chapa de

vidro. Este processo é apresentado na Figura 3, e no Brasil, passou a ser utilizado a partir de 1982.

2.2 Tipos de vidros e processos de fabricação

2.2.1 Vidros *Float*

Vidros *float* são vidros planos transparentes, sem distorções óticas, com espessura uniforme e massa homogênea. O vidro distingue-se de outros materiais pois possui baixo índice de dilatação e condutividade térmica, e suporta pressões de 5.800 a 10.800 Kg/ cm².

A qualidade obtida pelo processo float é responsável por mais de 90% de toda produção de vidros planos do mundo. O vidro *float* serve de matéria prima para diversos vidros transformados, podendo ser laminado, temperado, curvado, serigrafado ou utilizado em duplo envidraçado, e é aplicado em diversos segmentos da indústria. No Brasil são fabricados vidros *float* incolores, nas espessuras de 2; 2,2; 2,5; 3; 4; 5; 6; 8; 10; 12; 15; e 19 mm, e vidros coloridos cinza, verde e bronze, nas espessuras 3; 4; 5; 6; 8; e 10 mm. Os vidros de massa azul utilizados no Brasil são importados de outros países, já que os fabricantes nacionais ainda não o fabricam. Assim, existem apenas vidros de massa incolor com deposição de camada refletiva azul, fabricados no Brasil.

São consideradas chapas padrão, as chapas com largura 3,21m e alturas 2,00; 2,20 e 2,40m. Mas também são fabricadas chapas maiores, com alturas de 4,00 e 6,00m sob encomenda.

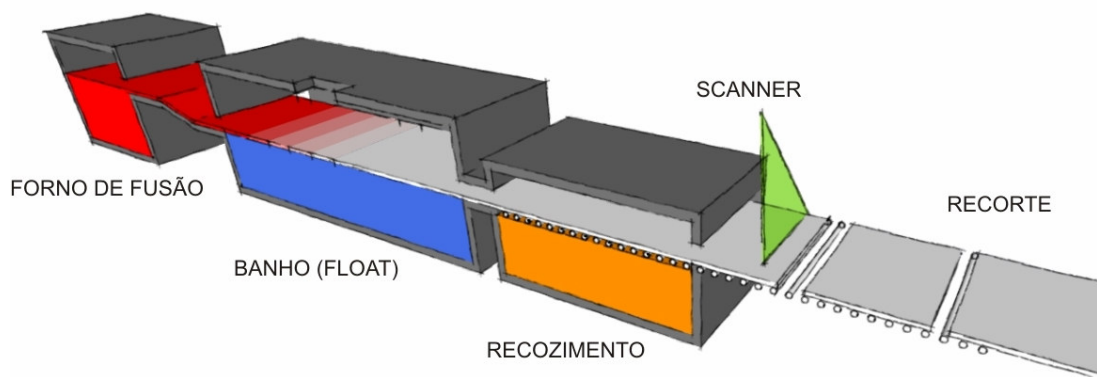


Figura 3 – Processo de fabricação do vidro *Float*

2.2.2 Vidros impressos

O vidro impresso é um vidro plano translúcido, fabricado através de um sistema industrial semelhante ao do vidro plano *float*, onde são utilizadas as mesmas matérias-primas e insumos básicos. O que o diferencia do *float* é que na saída do forno por onde passa a massa fundida do vidro já elaborado, o vidro é estirado e passa por dois cilindros metálicos. Um deles, o rolo superior, é liso, e o inferior possui em sua superfície a gravação do desenho que vai ser impresso no vidro. A espessura do produto acabado é determinada pelo espaçamento entre os dois rolos. Corantes podem ser adicionados à massa vítrea durante o processo de fabricação, dando origem ao vidro impresso colorido.

Fazem parte dos vidros impressos, os vidros ARAMADOS, que além da impressão, recebem uma tela metálica que é incorporada à sua massa, o que lhes confere a característica de ser um vidro aceito pela NBR 7199 da ABNT, em envidraçamentos especiais, como balaustradas, parapeitos, sacadas, vidraças não-verticais, clarabóias, telhados, fachadas sem proteção adequada e caixas de escada, conforme item 4.7.2.1 – disposições gerais da norma. Em caso de quebra, o aramado retém os objetos, pessoas e os pedaços do vidro.

A translucidez é a característica diferencial deste tipo de vidro em relação ao vidro transparente, pois as diferentes texturas impressas em uma das faces do vidro

difundem a luz, distorcendo levemente a imagem e causando uma redução variável na admissão de luz visível em relação ao vidro plano incolor, dependendo do tipo de textura, da cor e da espessura do vidro.

2.3 Vidros transformados

Tanto os vidros *float*, quanto os vidros impressos, podem ser beneficiados através de corte, lapidação, furação, ou ainda serem transformados através de processos industriais em vidros de segurança temperados, laminados, vidros curvos, serigrafados ou duplados/ insulados.

2.3.1 Vidros temperados

Vidros temperados são vidros que, submetidos a um processo de aquecimento e resfriamento brusco, conforme figura 4, adquirem resistências até cinco vezes superiores às do vidro comum, de mesma espessura.

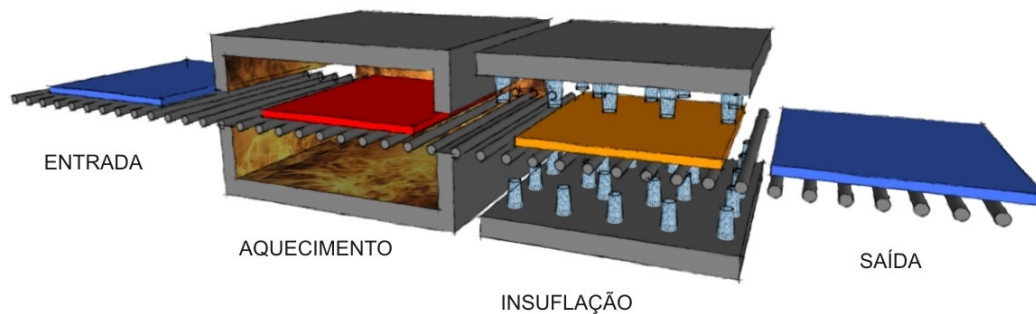


Figura 4 – Processo de fabricação do vidro temperado

Vidros temperados são auto portantes, ou seja, não necessitam de caixilhos para sua fixação, e também são considerados vidros de segurança pela ABNT, conforme a NBR 7199. A têmpera não confere características óticas diferentes do vidro original, mas torna o vidro mais resistente à quebra por “stress térmico”, à quebra por diferenças de temperatura entre as moléculas internas e as periféricas do vidro. Segundo Pereira (2005), este fenômeno de “stress térmico” é observado principalmente em vidros temperados que receberam aplicação de películas para controle térmico, e é caracterizado pelo aparecimento de trincas ou até mesmo ruptura dos vidros. Sabe-se também que este fenômeno acontece com os vidros coloridos, já que estes absorvem de maneira mais intensa as temperaturas externas, ou seja, apresentam maiores amplitudes de temperatura ao longo do dia.

2.3.2 Vidros laminados

Vidros laminados são vidros compostos de duas ou mais lâminas de vidros coladas pela intercalação de 1 ou até 4 filmes de Poli Vinil Butiral (PVB), através de tratamento térmico sobre pressão. Uma tecnologia mais recente de laminação utiliza a resina líquida de poliéster.

Os vidros laminados com PVB também são classificados como vidros de segurança pela ABNT – NBR 7199, já que, em caso de quebra, os cacos ficam presos a este material plástico, que possui grande elasticidade. Os vidros laminados geralmente são fabricados, para o mercado da construção civil, a partir de 6 mm e até 50 mm de espessura, conforme o grau de proteção pretendido, e se distinguem por eliminar a frequência crítica do vidro conforme Scherer, Minéia (2005), colaborando para a atenuação acústica da parede envidraçada, além de oferecer importante benefício com relação aos raios UV, filtrando grande parcela destes raios, conforme se observa na Figura 5. Os raios UV oriundos da radiação solar que incide sobre a superfície terrestre, ocorrem na faixa de 280 a 380 nanômetros (nm) e totalizam aproximadamente 2% da energia solar incidente. Estes raios podem causar deterioração e fadiga dos materiais e até queimaduras. Observa-se na Figura 5, que um vidro monolítico de espessura equivalente ao laminado, assim como um monolítico *Low-E*, baixo emissivo, transmite a radiação ultravioleta em quase toda

parcela do espectro analisada, já vidros laminados praticamente são opacos a radiação UV, devido ao filme PVB. Conforme o gráfico que segue, estes vidros podem filtrar mais que 99% da radiação UV no comprimento de onda até 380 nanômetros.

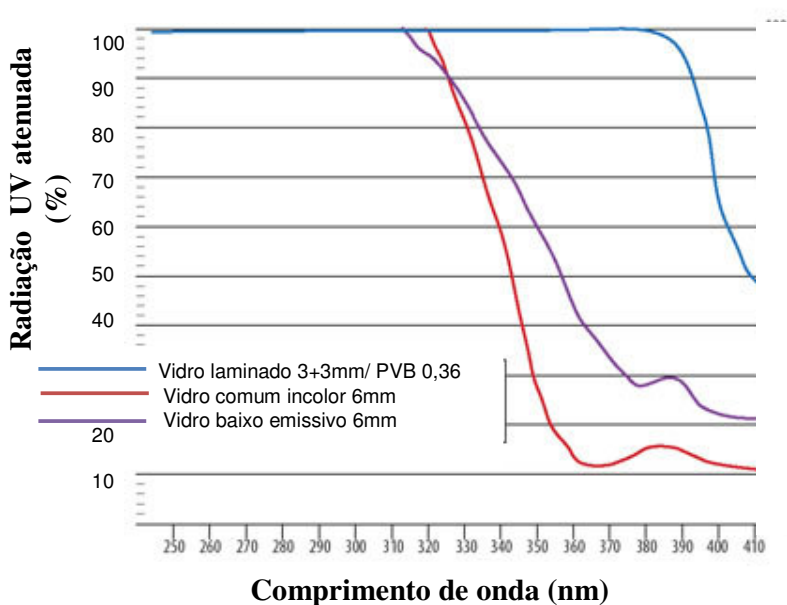


Figura 5 – Comparativo da performance do vidro em relação aos raios UV

Fonte: Catálogo técnico Solutia Divisão Saflex

Nos vidros laminados, a introdução da película de butiral (PVB) impede a passagem do UV devido à sua estrutura química, mas não acarreta melhorias específicas no desempenho dos vidros em relação à radiação infravermelha e a luz visível. A película é introduzida para possibilitar a laminação, aumentar a resistência do conjunto e permitir maior quantidade de opções de cores para o projetista, conforme Santos (2002).

Para melhorar o desempenho deste vidro com relação ao Infra Vermelho e à entrada de Luz visível, podem ser utilizados na sua composição, chapas de vidros refletivos, o que resulta em um vidro laminado refletivo, muito utilizado atualmente, pelo efeito estético que dele resulta, e por questões de controle térmico e luminoso.

2.3.3 Vidros refletivos

Os vidros refletivos ou metalizados conferem ao vidro, uma maior reflexão da radiação solar, proporcionando ao ambiente interno melhor controle térmico. Existem dois processos para fabricação destes vidros: o processo a vácuo *off line* ou “Sputtering”, e o processo por Pirólise ou *on line* conforme Figura 6.

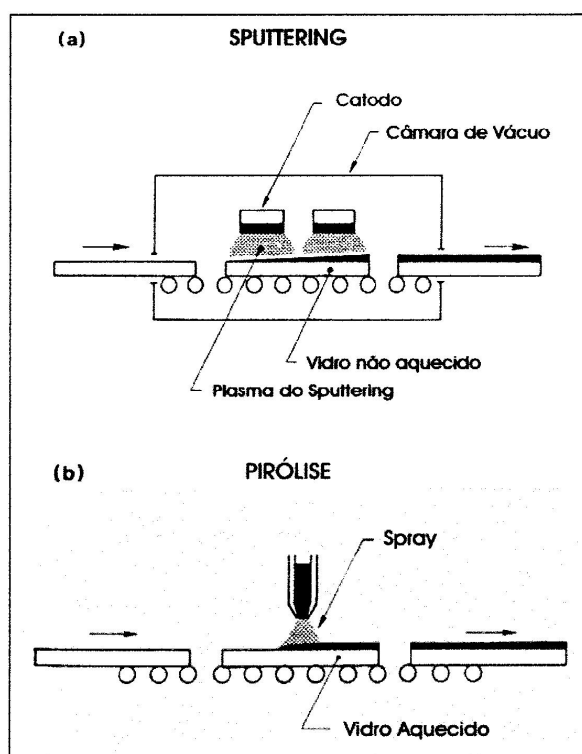


Figura 6 – Fabricação dos vidros refletivos a vácuo e pirolítico

Fonte: GRANQVIST¹⁰, 1991, p.117; CARAM⁰⁷, 1998, p.23

No primeiro processo, da câmara de vácuo, óxidos são depositados a frio sobre a superfície do vidro, e no segundo, por Pirólise, como o próprio nome sugere, a metalização é feita sobre a chapa do vidro *float* ainda quente, e sua aderência se dá, pelo resfriamento do vidro. Este processo requer cuidados especiais para que a face metalizada tenha aspecto homogêneo, o que faz com que os fabricantes optem por disponibilizar ao mercado, maior variedade de vidros metalizados pelo processo

off line, ou a vácuo (Figura 7).

O vidro refletivo pirolítico permite sua utilização na forma monolítica, já que, em função do seu processo de fabricação, os óxidos metálicos se incorporam na superfície resultando em uma camada metalizada com maior resistência à abrasão. Já os vidros refletivos a vácuo, também pela sua característica de fabricação, necessitam de proteção à camada metalizada, só podendo ser utilizados transformados em laminados ou insulados.



Figura 7 – Fabricação dos vidros metalizados a vácuo

Segundo Santos (2002), dentro dos vidros comuns, o verde e o azul apresentam uma seletividade marcante entre a transmissão do visível e do infravermelho, sendo mais eficientes na relação de seletividade luz/calor. Isso faz com que esses dois vidros sejam boas opções para serem usados como vidro base de vidros metalizados (pirolíticos e a vácuo) e também para laminados.

2.3.4 Vidros duplos ou insulados

Vidros duplos ou insulados são confeccionados com duas ou mais lâminas de vidros *float* separadas através de câmaras de ar seco, hermeticamente fechadas e livres de umidade e vapor d'água, o que se garante através de material higroscópico (hidrosecante) aplicado nos espaçamentos. Devido ao isolamento térmico do ar, a câmara constitui um elemento isolante que dificulta as trocas térmicas entre ambientes interno e externo, proporcionando redução significativa da transmitância térmica (Valor "U") através da parede envidraçada. Em alguns casos é acrescentado à câmara de ar um gás inerte como o argônio, o que aumenta o isolamento térmico. No mercado brasileiro, em função do clima, não se faz necessário este gás na composição dos vidros insulados utilizados em fachadas de edifícios. Vidros insulados com gás são utilizados em países com clima muito frio e no Brasil, em câmaras frigoríficas e portas de freezers de bebidas, utilizados principalmente em lojas de conveniências e mercados.

Os vidros insulados também podem colaborar na atenuação acústica da edificação, principalmente quando utilizados com vidros de espessuras diferentes na sua composição, conforme Figura 8.

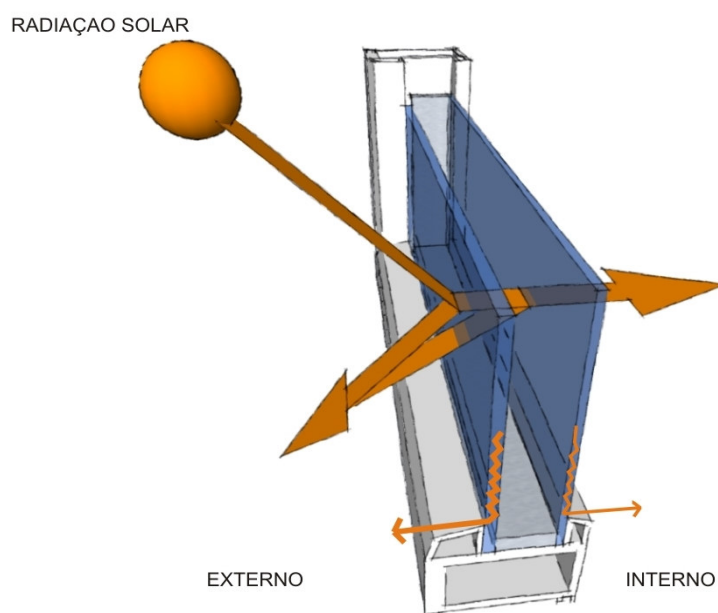


Figura 8 – Vidro insulado ou duplo

O conjunto composto por vidros e câmara de ar desidratado, com gases ou não, é obtido através de dupla selagem, sendo a primeira para não haver troca gasosa e a segunda para garantir a estabilidade do conjunto. O perímetro do vidro é selado com materiais especiais tipo butil, polissulfuro ou silicone estrutural, para suportar altas e baixas temperaturas e resistir à exposição aos raios UV. O processo deve ser executado com vidros perfeitamente limpos com álcool isopropílico, sob temperatura controlada, em sala higienizada.

Duas são as técnicas usadas para a produção do vidro insulado: o processo “europeu” utiliza perfis de alumínio para separar as chapas de vidro, e o processo “americano” utiliza perfis emborrachados para o mesmo fim.

2.4 Conforto térmico

O conforto térmico é um estado de espírito que reflete a satisfação com o ambiente térmico que envolve a pessoa, conforme a *ASHRAE, 1992 (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers)*. Segundo Pereira. (2005), atinge-se o conforto térmico quando o corpo humano dissipa exatamente a quantidade de calor que está produzindo, sendo capaz de manter sua temperatura interna do tórax em torno de 37°C. Conforme Lamberts et al (1997), o conforto térmico também pode ser definido como uma sensação de bem estar que depende de variáveis ambientais e pessoais. Podemos listar fatores dinâmicos do clima que afetam o desempenho térmico de um edifício, e a sensação de conforto térmico de seus usuários:

- Temperatura: Fatores locais como tipo de solo, vegetação, posição geográfica e relevo do local, podem variar a temperatura, principalmente se a velocidade da movimentação das massas de ar forem baixas;
- Temperatura radiante: A temperatura radiante está associada à temperatura do entorno, das superfícies que compõem o ambiente e à intensidade que estas irradiam o calor. O ganho ou perda de calor radiante está também vinculado às características do material e da cor das superfícies que constituem o envolvente dos edifícios;

- Velocidade do vento: Os ventos se deslocam das áreas de maior pressão (ar mais frio e pesado) para áreas de menor pressão (ar mais quente e leve). A velocidade do vento é medida em estações meteorológicas, geralmente, na altura de 10m, em locais afastados dos grandes centros e, em terrenos planos.

O conhecimento da ação do vento sobre as superfícies da edificação pode auxiliar na determinação da colocação das aberturas de uma edificação, aproveitando em locais quentes, o vento fresco e, protegendo dos ventos fortes em locais frios;

- Umidade do ar: Quanto maior a temperatura do ar, maior a quantidade de água que ele pode conter. Se a quantidade de água evaporada no ar é o maior possível para aquela temperatura, o ar está saturado. A partir daí qualquer quantidade de água a mais em estado de vapor, condensará, originando a névoa, o orvalho e a chuva.

Uma das formas de avaliarmos o conteúdo de umidade no ar é através da umidade relativa (UR) que é a relação entre o conteúdo de umidade no ar e o conteúdo máximo possível para aquela temperatura. Quando aumenta a temperatura, a umidade relativa reduz, e quando a temperatura baixa, esta variável aumenta.

Além destes fatores, existem variáveis de natureza pessoal que influenciam o conforto térmico:

- Atividade Física e Vestimenta: Quanto maior a atividade física, maior a quantidade de calor gerado pelo corpo humano. Considerando que em repouso absoluto o metabolismo humano produz 100% de energia, uma pessoa dançando moderadamente produz 260% e trabalhando pesado 450%. A vestimenta e sua resistência térmica são importantes na avaliação da sensação de conforto térmico. Esta variável é medida em “clo” (inglês “clothing”), e nos fornece a resistência térmica de diversos tipos de vestimentas.

Em climas muito quentes e secos, aconselha-se a utilização de roupas longas, isto para que o suor evaporado permaneça entre a pele e a roupa, criando um micro clima mais ameno. A pele troca de calor por condução, convecção e radiação com a roupa. Assim, quanto maior sua resistência térmica, menor serão suas trocas com o meio.

Pessoas relatam sensações térmicas de forma distinta, sendo impossível atingir uma condição ambiental em que todas estejam satisfeitas, devido a aspectos

biológicos, físicos, emocionais, efeitos de medicamentos ou vestimentas inadequadas (Figuras 9).



Figura 9 – Preferências térmicas

Fonte: "Tirinha Mafalda" - Cartunista argentino Joaquín Salvador Lavado

O conhecimento e o estudo das variáveis ambientais é o primeiro passo para execução de um bom projeto. Através do conhecimento do clima, das variáveis ambientais e de natureza pessoal, Givoni (1969) de acordo com a zona bioclimática de cada projeto, propõe indicações fundamentais a serem consideradas em projetos que visem o conforto térmico das edificações: Ventilação da cobertura, Ventilação cruzada, Ventilação sob a casa; Captadores de vento, Uso de vegetação, Fontes de água, Utilização da inércia térmica dos fechamentos externos ou internos, Utilização de recipientes de água, Esquadrias bem vedadas, Adequação da orientação e cor dos fechamentos, Aberturas zenitais, Paredes Trombe, Coletores de energia, entre outras.

2.5 Arquitetura e conforto térmico

Já no início do século XX, arquitetos que fizeram escola, como Frank Lloyd Wright, mestre da corrente orgânica da arquitetura moderna (onde o ambiente natural se integra à edificação), já buscavam o aproveitamento máximo dos elementos naturais, sendo eles parte do grupo precursor da bioclimatologia aplicada à arquitetura (Figura 10).



Figura 10 – Casa da cascata (Frank Lloyd Wright)
Fonte: www.ticml.blogspot.com (Acesso: 15 de Julho, 2009)

Le Corbusier, idealizador do terraço-jardim, da planta livre sobre pilotis privilegiando a ventilação, com sua obras (Figura 11) foi também precursor da Bioclimatologia na Arquitetura.



Figura 11 – Villa Savoye (Le Corbusier)
Fonte: www.flickr.com (Acesso: 15 de Julho, 2009)

A bioclimatologia consiste em utilizar corretamente os recursos naturais, como o sol, o vento, a vegetação e a temperatura do ambiente, tirando partido dos fenômenos naturais de transmissão energética para obter ganhos ou perdas de calor através do envelope, conforme Dumke (2002). O mesmo autor cita que, apesar da diversidade climática no Brasil, é possível, utilizando técnicas de projeto adequadas ao conforto térmico, não utilizar condicionamento ambiental ou insumos energéticos.

As planilhas de Mahoney, através do uso de dados climáticos de uma determinada região e a comparação dos dados com uma "zona de conforto", tornam possível identificar grupos com sintomas climáticos dominantes, podendo recomendar decisões a serem tomadas durante as fases do projeto. Através deste método são apresentadas recomendações relativas aos aspectos de Implantação, Espaçamentos entre edificações, Ventilação, Tamanho das aberturas, Posição das aberturas, Proteção das aberturas, Paredes e Pisos, Coberturas e Exterior da edificação.

A associação entre o trabalho de Givoni e as planilhas de Mahoney, adaptadas para as condições climáticas das diversas regiões do Brasil segundo Roriz et al, (1999) permitiu a separação do território nacional em zonas climáticas, dentro das quais são estabelecidos, para habitações de interesse social, requisitos mínimos aceitáveis de desempenho térmico para os diferentes componentes construtivos.

O edifício é um sistema onde o envolvente cumpre a função de criar uma barreira climática de tal forma que no interior possam existir condições diferentes do exterior. No caso de edifícios climatizados artificialmente, a ineficiência do envolvente é compensada com grandes consumos energéticos, decorrentes de equipamentos de condicionamento de ar, segundo Mascaró. L, (1991). Também diz a autora, que pelas suas funções de abertura e transparência, os vãos envidraçados constituem as superfícies do edifício mais vulneráveis aos ganhos e perdas térmicos. Além da sua característica de alta transmitância térmica, que caracteriza desperdício de energia, associa-se o problema qualitativo do desconforto, devido à sensação de "parede quente" (ou "parede fria") e possíveis condensações. No caso do envolvente com duplo envidraçado este problema pode ser atenuado pois o ar entre as duas chapas diminui as trocas de calor por condução.

Comprovadamente, o conforto térmico em edifícios comerciais é fator de produtividade, pois aumenta a satisfação das pessoas e conseqüentemente, seu

desempenho. Estudos nos mostram que com o desconforto térmico aumenta a frequência de acidentes e diminui a eficiência no trabalho.

Nos edifícios comerciais analisados em Porto Alegre, observou-se que algumas estratégias foram utilizadas para a melhora do conforto térmico nos envolventes ou fechamentos laterais dos edifícios. São elas:

- ✓ Fachadas Norte: Proteções solares externas horizontais e móveis;
- ✓ Fachadas Sul: Proteções solares internas e móveis; Vidros comuns coloridos (com o objetivo de armazenar o calor); Paredes mais espessas;
- ✓ Fachadas Leste (e também Oeste): Vidros refletivos com alta transmissão luminosa; Proteções solares externas verticais e móveis;
- ✓ Fachadas Oeste: Vidros e paredes duplos (diminui o valor “U”, a transmitância térmica entre os ambientes); Pintura clara nas paredes (baixa α);

Observaram-se também aberturas com materiais de boa qualidade, sem frestas (boa vedação), com fechamento hermético e, privilegiando a ventilação cruzada. As soluções foram adotadas conforme a necessidade de cada edificação.

As condições de conforto do edifício, se concebidas junto com o projeto arquitetônico, tornam possível o adequado desempenho energético da edificação e o menor consumo das fontes de energia tanto para o aquecimento quanto para o resfriamento artificial.

2.6 Influência dos fechamentos transparentes no conforto térmico

As principais trocas térmicas de um edifício ocorrem através dos fechamentos transparentes. Nas fachadas envidraçadas, a radiação é o principal fator de troca, pois os vidros comuns são transparentes a ondas curtas e opacos a ondas longas, podendo causar o efeito estufa (Figura 12), o calor entra e não sai. A luz visível por sua vez, que quando excessiva, causa o efeito incômodo do ofuscamento nas salas de trabalho.

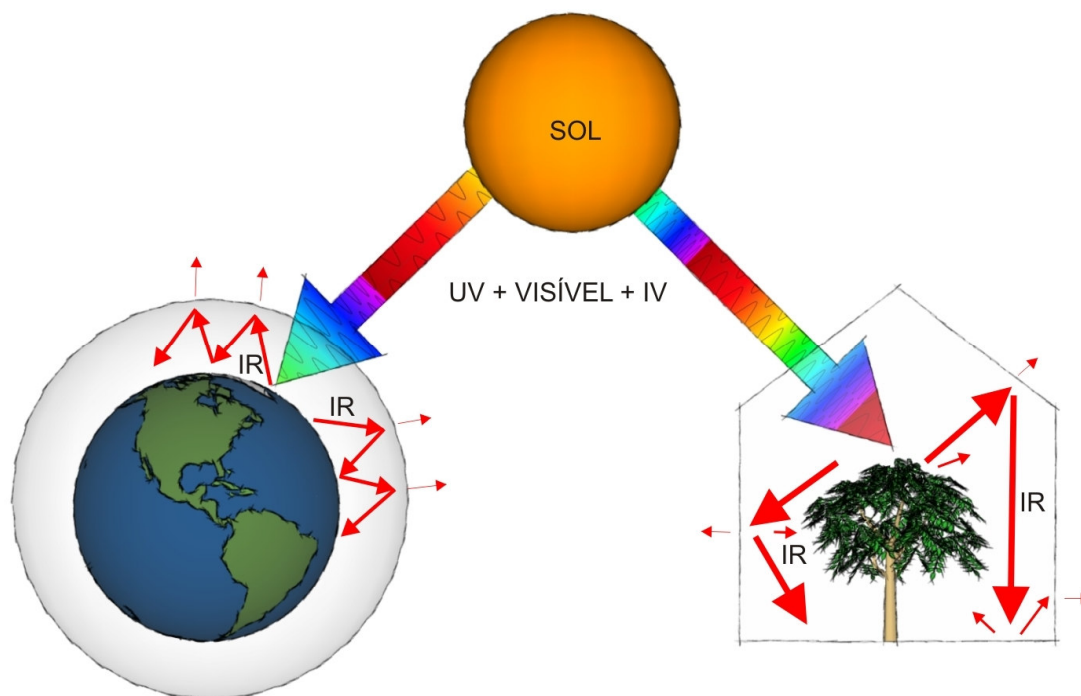


Figura 12 – Efeito “estufa”

Além da entrada da radiação solar, a troca de calor entre ambientes por condução (Figura 13) é significativa em fachadas envidraçadas de edifícios com vidros simples já que este material tem baixa espessura e favorece as perdas de calor, fator significativo em dias frios.

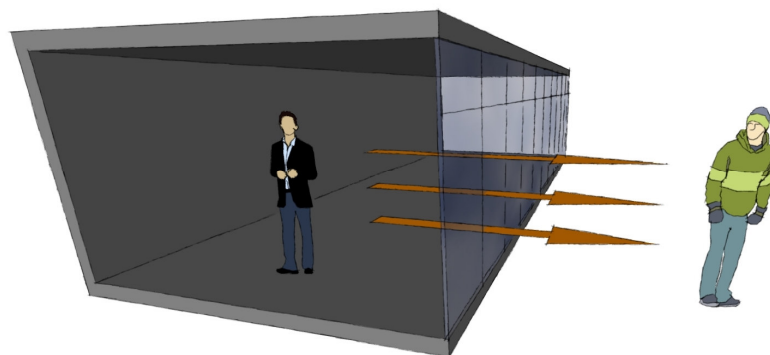


Figura 13 – Troca térmica por condução

Para amenizar a grande entrada da energia solar por radiação e a alta transmitância que acontece através de uma fachada envidraçada, observou-se que projetistas buscam soluções arquitetônicas que impeçam a radiação direta, como “brises-soleil”, proteções solares externas ou internas; vidros com melhores performances térmicas, como os coloridos, que absorvem mais a radiação; os refletivos, que refletem mais a energia solar; e os vidros insulados, que se propõem a diminuir as trocas térmicas e as sensações de parede fria ou quente; ou podem utilizar uma associação destas soluções.

2.7 O Clima de Porto Alegre

Conforme a NBR 15220 da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) Porto Alegre está na região Subtropical (Figura 14), com clima temperado, temperaturas médias abaixo de 20°C, chuvas fartas e entradas de frentes frias durante todo o ano, inverno rigorosos podendo ocorrer neve nas regiões mais elevadas.

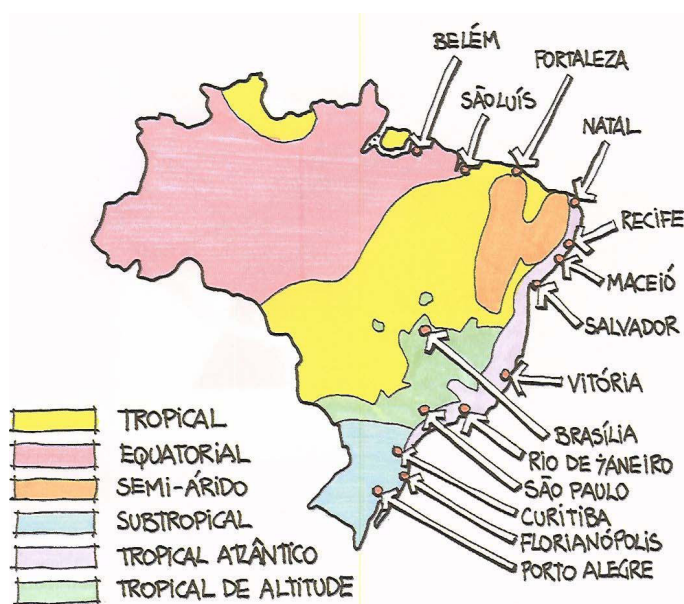


Figura 14 – Regiões climáticas do Brasil
Fonte: Lamberts et al (1997)

Para a região subtropical, a melhor orientação solar, quanto ao conforto térmico, será aquela que proporcione a máxima radiação durante o período frio e a mínima durante o período quente conforme Olgay (1998). Conforme Lamberts et al (1997) na cidade de Porto Alegre, em 77,6% das horas do ano há desconforto (25,9% por calor e 51,6% por frio) e em apenas 22,4% deste ano haverá conforto térmico. Os autores também sugerem as seguintes estratégias a serem adotadas para edificações na cidade de Porto Alegre:

- Massa térmica para aquecimento com aquecimento solar passivo (nos períodos frios) = 33,7%
- Ventilação (nos períodos quentes) = 19,5%
- Aquecimento solar passivo = 11,7%
- Aquecimento artificial = 6%

Lamberts sugere que sejam analisados os dados climáticos disponíveis (Figura 15) e, o Ano Climático de Referência (TRY) que possui valores horários de temperatura e umidade relativa entre outros, para que as soluções arquitetônicas se utilizem das especificidades de cada local com tipologias distintas e próprias.

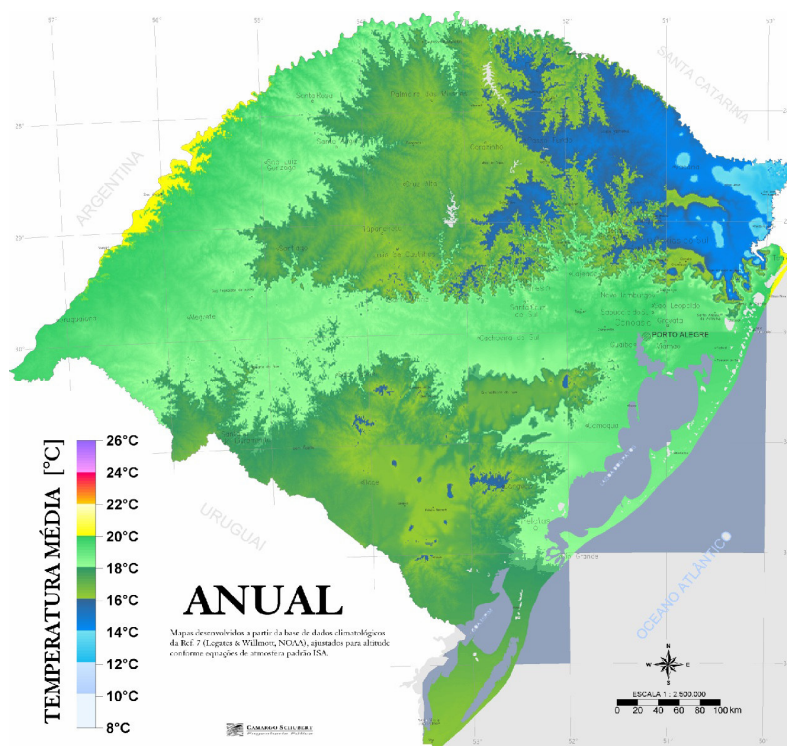


Figura 15 – Clima no RS e Porto Alegre
Fonte: Atlas Ambiental de Porto Alegre

Cunha (2004), cita que no recinto urbano úmido e predominantemente quente, como o do sul do país, não é a inércia térmica na edificação o fator condicionante decisivo de seu desempenho ambiental em condições de verão, mas a ventilação urbana e dos edifícios, que reduziria o consumo crescente de climatização artificial para os dias muito quentes e abafados, os quais não superam os 30% dos dias de verão em situações climáticas normais. E Aroztegui (1997) confirma ainda afirmando que a avaliação das orientações solares dos edifícios precisa considerar também a facilidade para o controle natural das aberturas, e o aproveitamento dos ventos dominantes da região para ventilação.

O clima é a feição característica e permanente do tempo, num lugar, em meio a infinitas variações, conforme Mascaró (1991). Porto Alegre está localizada em uma depressão topográfica, e é um dos locais com as mais contrastantes e desafiadoras características climáticas, quer por sua variação anual de temperatura em ambiente francamente úmido, ou por atingir flutuações de até 20°C em um único dia. Porto Alegre é também atingida por sucessivas massas de ventos quentes e frios de sul e oeste, e que determinam os seus períodos mais clássicos, tanto na pluviosidade repentina do sufocante verão, que se estende de Novembro a Março, como na exposição ao gelado “Minuano” no rigor do inverno de Junho e Julho.

Neste trabalho, foi definida uma zona típica da cidade de Porto Alegre, conhecida como III Perimetral entre as rótulas da Dom Pedro II com Assis Brasil e Carlos Gomes com Protásio Alves, onde se concentram edificações de escritórios, para avaliar a evolução na especificação de vidros em fachadas destes edifícios. Chama-se Edifício de Escritórios, um tipo particular de edificação comercial, caracterizada por múltiplos pavimentos e composta por módulos constituídos por uma ou duas salas principais, sanitário e sala de espera, geralmente ocupados por profissionais liberais ou representantes comerciais. Estes edifícios apresentam uma tipologia muito uniforme nas diversas regiões do Brasil, qualquer que seja o clima, conforme Lamberts (2003).

A região em análise, na cidade de Porto Alegre (Figura 16), tende a formar “ilhas de calor” devido à alta densidade de edifícios altos, já que o ingresso dos ventos acaba sendo barrado por estes edifícios, tipo de ocupação em crescimento naquela região.

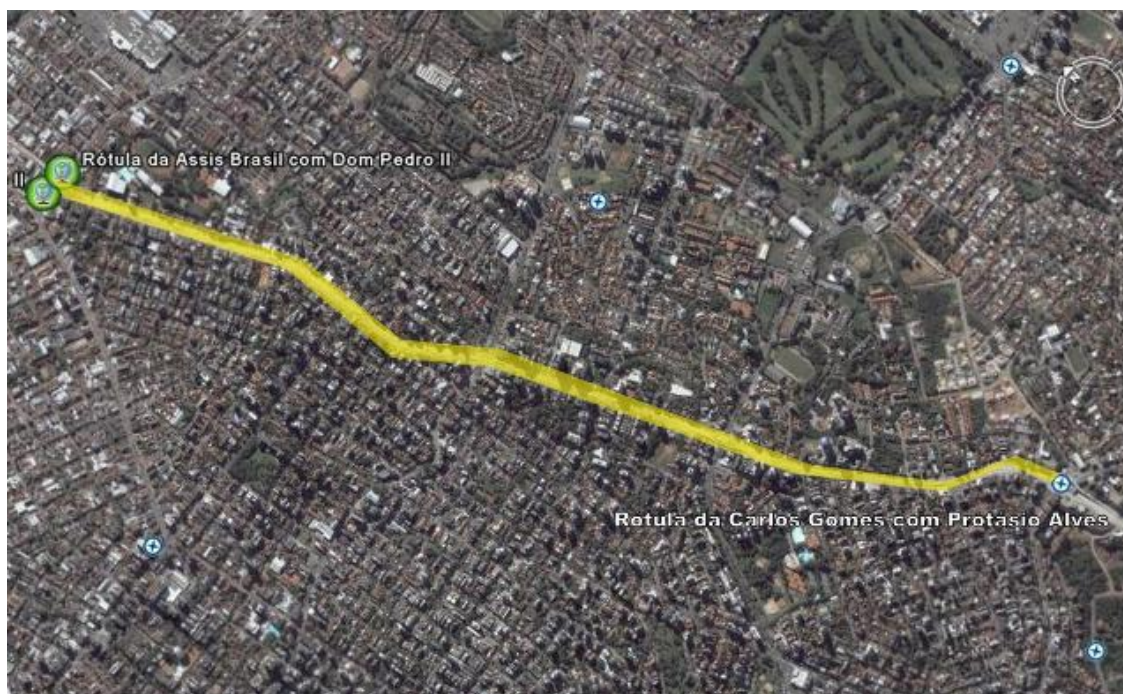


Figura 16 – III Perimetral de Porto Alegre – Avenidas Dom Pedro II e Carlos Gomes

Fonte: Software Google Earth

Através da análise da Carta Bioclimática de Porto Alegre, Lamberts (1997) conclui que, para edificações que busquem conforto térmico na cidade, duas são as soluções estratégicas: ventilação para períodos quentes, e armazenamento do calor por massa térmica para os períodos frios com esquadrias e vidros com boa vedação.

Como o maior período de frio é o noturno e os edifícios analisados são comerciais, tendo seu uso limitado ao dia, a influência do calor passa a ter maior importância que o frio, na análise do conforto térmico destes edifícios.

O período de análise considerado (de 1992 a 2009), foi determinado em função da disponibilidade e oferta de novos produtos ao mercado. Os vidros para controle térmico, como os metalizados, passaram a ser fabricados no Brasil, através do processo pirolítico, a partir de 1989, e os metalizados a vácuo, somente a partir de 1996. Com performances distintas, e destinados ao controle térmico e luminoso, novos produtos continuam sendo desenvolvidos pelas indústrias de fabricação e transformação do vidro, buscando atender às novas necessidades das edificações.

2.8 Normas técnicas referentes a envidraçamentos

A norma americana ASHRAE (*American Society of Heating, Refrigeration and Air-Conditioning, Engineers*), estabelece exigências em relação aos fechamentos, além de estabelecer critérios de projeto e seleção de sistemas de equipamentos mecânicos e elétricos, como ar condicionados, iluminação e aquecimento de água. Os componentes do fechamento devem respeitar critérios com relação à sua transmitância térmica. Vidros duplos ou insulados utilizados nos fechamentos transparentes dos edifícios, por exemplo, por possuírem coeficientes mais baixos de transmitância térmica, colaboram na eficiência do fechamento do envelope, assim como vidros refletivos que podem baixar a entrada da radiação solar em períodos de calor, através do Fator Solar mais baixo para as fachadas.

A norma ISO7730 estabelece critério para avaliação do conforto térmico, através do PMV (Voto Médio Estimado), índice que prevê em um grande grupo o PPD (percentual de pessoas insatisfeitas). Quando não mais de 20% dos ocupantes da sala sentem-se desconfortáveis, a sala é confortável. Comprova-se que a unanimidade de um grande grupo com relação ao conforto térmico é realmente impossível.

No Brasil não existe regulamentação adequada à realidade local com relação ao conforto térmico. A ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) através do Comitê Brasileiro 02 disponibiliza a Norma Brasileira 15220-3 – Desempenho Térmico de Edificações que define condições aceitáveis de conforto térmico para habitações unifamiliares de interesse social. O país é dividido em 8 (oito) zonas climáticas para as quais são determinadas diretrizes técnicas e construtivas com relação ao tipo de cobertura, paredes, sombreamento e sugerindo estratégias bioclimáticas a serem utilizadas para um condicionamento térmico passivo. Observa-se que não existem sugestões com relação a tipos de vidros a serem utilizados nas aberturas, ou mesmo ao tipo de esquadria, para que se obtenham melhores resultados.

A ABNT disponibiliza normas específicas com relação aos vidros e sua aplicação, e periodicamente, através do CB – 37 (Comitê Brasileiro do Vidro Plano) revisa e analisa estas normas, para que estejam atualizadas e adequadas à sua utilização. Também, baseado em normas internacionais, o CB-37 cria novas normas

de acordo com necessidades do mercado de nosso país. As normas da ABNT, relacionadas aos envidraçamentos que foram consultadas para este trabalho são:

NBR 7199/ 1989 - Projeto, execução e aplicações de vidros na construção civil – Procedimento. Esta norma determina situações onde devem ser utilizados vidros de segurança (temperados, laminados ou aramados) através de condições que devem ser obedecidas nos projetos de envidraçamentos na construção civil. Seu texto está sendo revisado para consulta nacional;

N.M.293.204 (substitui a NBR 7210) - Vidros na construção civil – Terminologia. De vidros planos e dos componentes acessórios à sua aplicação.

NBR 11706/ 1992 - Vidros na construção civil – Especificação. Fixa as condições exigíveis para vidros planos aplicados na construção civil.

NBR 6123 - Forças devidas ao vento em edificações – Procedimento. Esta norma fixa as condições exigíveis na consideração das forças devidas à ação dos ventos, para efeitos de cálculo e especificações. Para edificações fora do comum, a norma sugere que sejam feitos experimentos como túneis de vento para substituir seus coeficientes;

Projeto de norma 37:000-03-005 – Vidro insulado - A comissão de estudo está finalizando a análise dos requisitos e está iniciando a avaliação os ensaios da norma;

Projeto de norma 37:000-03-007 – Vidros para controle solar – A comissão de estudo está analisando quais ensaios serão incluídos na norma, tendo em vista a definição da classificação dos vidros para controle solar;

NBR 14697/ 2001 – Vidro laminado. Especifica requisitos gerais, métodos de ensaio e cuidados necessários para garantir a segurança e a durabilidade do vidro laminado em suas aplicações na construção civil e a metodologia de classificação deste produto como um vidro de segurança.

NBR 14698/ 2001 – Vidro temperado. Especifica requisitos gerais, métodos de ensaio e cuidados necessários para garantir a segurança e a durabilidade do vidro temperado plano em suas aplicações na construção civil e também fornece a metodologia de classificação deste produto como um vidro de segurança.

2.9 Comportamento dos vidros frente à radiação solar

Cada tipo de vidro possui um comportamento espectrofotométrico diferente frente à radiação solar incidente em função de suas características próprias de fabricação, e quando aplicado em uma fachada apresenta também diferentes comportamentos, conforme a localização do edifício, orientação desta fachada e o ângulo de incidência analisado (hora do dia).

O espectro da radiação solar é composto de raios infravermelhos, raios visíveis que representam a luz e raios ultravioletas. Vidros comuns incolores filtram apenas uma pequena parcela da radiação solar, já vidros coloridos, refletivos e insulados podem oferecer ganhos significativos com relação ao filtro desta radiação.

2.9.1 A Radiação Solar

A radiação solar é o fator principal na definição do clima e um dos mais importantes fatores na definição de um projeto arquitetônico, pois influencia decisões, como a orientação de fachadas e aberturas, tipos de vidros e proteções solares a serem adotados.

A radiação solar que atinge a superfície da terra é dividida em três regiões, conforme seu comprimento de onda. Entre 280 e 380 nanômetros estão as radiações UV (ultravioletas), que são invisíveis ao olho humano, e tem características geralmente prejudiciais ao homem. Na faixa entre 380 e 780 nanômetros, temos o espectro visível, que começa com as frequências mais altas do violeta, passa pelo azul e vai pelo verde, amarelo até chegar ao vermelho. Acima de 780nm temos as radiações do infravermelho (IV), que também são invisíveis, e nestas estão concentradas a maior parcela do calor (Figura 17).

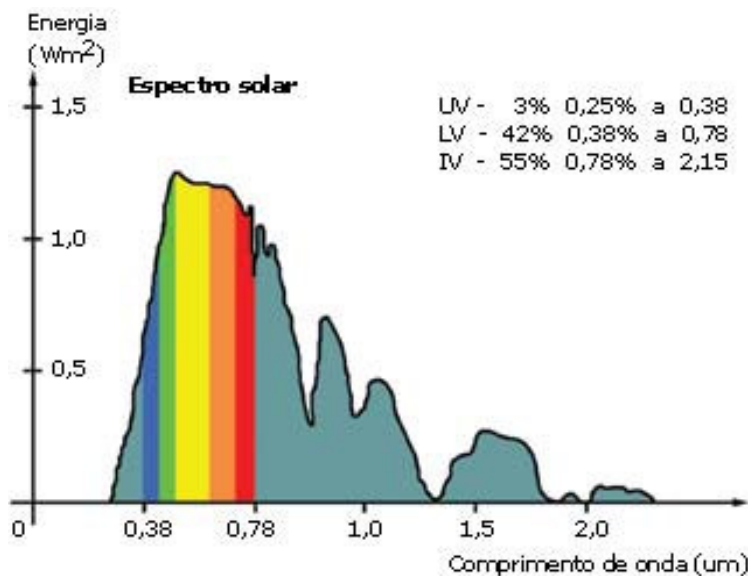


Figura 17 – Espectro da radiação solar

Fonte: http://www.arcoweb.com.br/tecnologia/fotos/47/figura_2.jpg (Acesso:15 de Julho,2009)

Conforme a ASHRAE (1993), embora a luz visível esteja distribuída entre 380 e 780nm, os valores entre 430 e 690nm contribuem com aproximadamente 99,4% da iluminação. Segundo Santos (2002), a radiação solar no intervalo de 430 a 690nm representa 34% do total, ou seja, em um elemento transparente que seja um filtro perfeitamente seletivo nestes intervalos passa 99,4% da luz visível com apenas 34% da radiação solar.

A radiação solar que incide sobre a terra, é recebida como calor ou luz através dos fechamentos transparentes e, cada tipo de vidro utilizado neste fechamento determina características próprias referentes ao conforto térmico e à iluminação natural.

2.9.2 Características óticas dos vidros

A quantidade de radiação solar recebida através da fachada envidraçada de um edifício é composta pela radiação direta do sol, pela radiação difusa na

atmosfera, e pela radiação refletida pelo solo e superfícies próximas, conforme Figura 18.

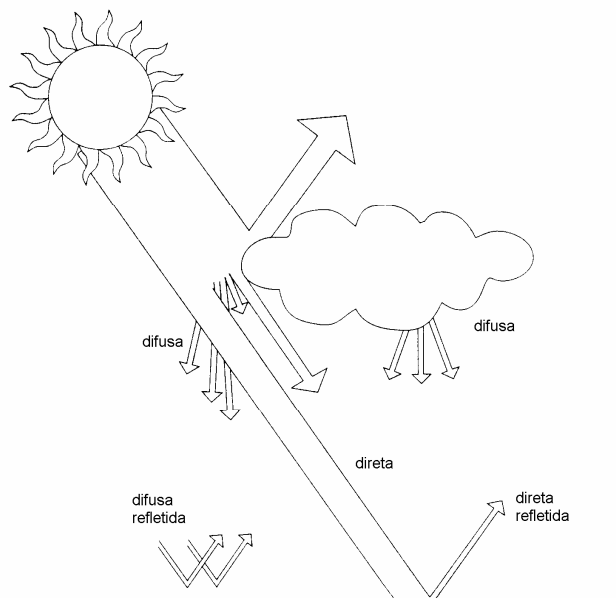


Figura 18 – Formas da radiação solar na superfície terrestre

Fonte: YANNAS⁴⁴, sd.

Cada tipo de vidro possui um índice de filtro desta radiação para o espectro visível, que é informado através da TL (Transmissão Luminosa). Geralmente os fabricantes fornecem estes dados aos especificadores e consultores de envidraçamentos para ângulos normais de incidência da radiação solar.

O conforto visual é atingido quando se obtém um ambiente com luz adequada, sem ofuscamento (luminosidade excessiva), preferencialmente ajustável, sem objetos que causem muita reflexão, sem focos de luz intensa e sem muito contraste entre cores.

Assim como o conforto térmico, o conforto visual em um ambiente é também bastante subjetivo, mas a NBR 57 determina níveis de iluminância mínimos para que se obtenha este conforto (Figura 19).

Classificação	Nível de iluminação a ser obtido	Tarefa
Baixa	100 a 200 lux	<ul style="list-style-type: none"> • Circulação • Reconhecimento facial • Leitura casual • Armazenamento • Refeição • Terminais de vídeo
Média	300 a 500 lux	<ul style="list-style-type: none"> • Leitura/escrita de documentos com alto contraste • Participação de conferências
Alta	500 a 1.000 lux	<ul style="list-style-type: none"> • Leitura/escrita de documentos com fontes pequenas e de baixo contraste • Desenho técnico

Figura 19 – Classificação de Iluminâncias por tarefas
 Fonte: Lamberts et al, 1997

2.9.3 Características térmicas dos vidros

Vidros comuns incolores, são transparentes a ondas curtas e opacos a ondas longas, proporcionando grande entrada de luz, e também de calor, que é medido através de coeficientes de Transmissividade Energética.

Vidros coloridos, por sua vez, absorvem mais o infravermelho do que os incolores, portanto aquecem mais, e possuem coeficientes de Absortância (Abs) mais altos. Mascaró (1991), cita que quando o vidro absorvente é usado como parte exterior de um vidro duplo, seu desempenho térmico melhora sensivelmente. O calor absorvido pelo vidro, para entrar no edifício, deve primeiro ultrapassar a câmara de ar e depois será conduzido através da própria lâmina de vidro, para então entrar no ambiente por radiação e convecção. A maior parte do calor será dissipada para o exterior, que está em contato direto com o vidro absorvente, efeito que aumentará na presença do vento.

O índice que indica a capacidade dos vidros de controlar a entrada da radiação solar no edifício é denominado Fator Solar (Figura 20).

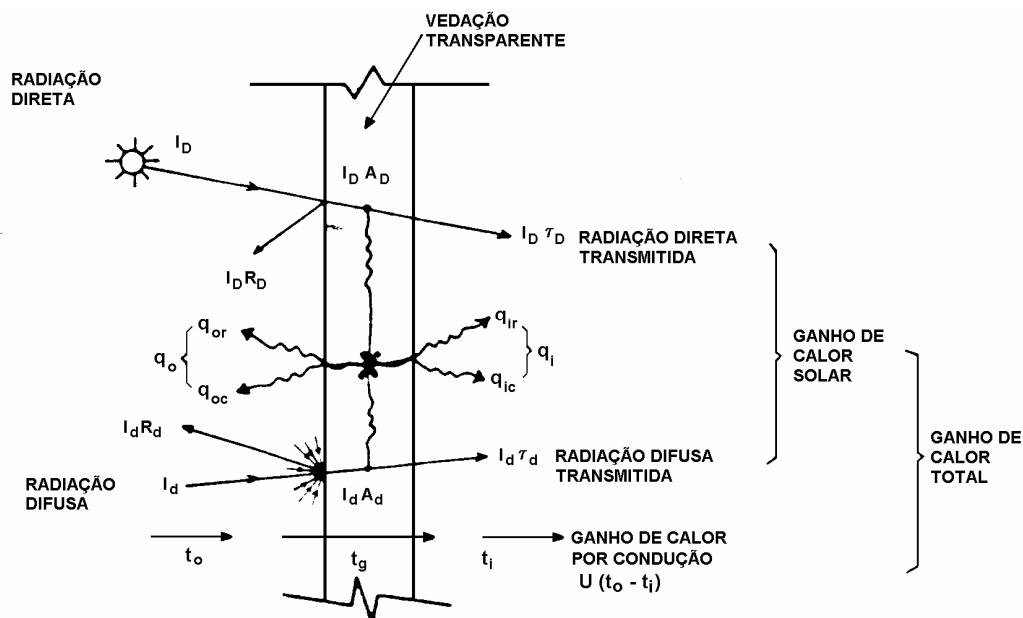


Figura 20 – Ganhos de calor sobre superfície de vidro

Fonte: LIM⁶², 1979 (Adaptada)

O Fator Solar (FS) é uma variável que caracteriza todos os materiais de vedação externa para uma situação específica de utilização, definido como o percentual total da radiação solar incidente que é admitido ao interior da edificação pela vedação, sendo a soma da parcela que passa diretamente por transparência e a parcela que é absorvida e enviada para o interior da edificação. O Fator Solar de um vidro comum incolor 3mm é de 87%, já os vidros refletivos podem reduzir o ingresso do calor por radiação, baixando significativamente o Fator Solar. Dependendo da intensidade da sua metalização, diminuem sensivelmente a entrada da luz visível, proporcionada pelo fechamento envidraçado das salas do edifício.

Para determinar o Coeficiente de Sombreamento do vidro adota-se o quociente entre o FS do vidro analisado e o FS de um vidro incolor espessura 3mm $CS = FS / 87\%$. Fabricantes consideram que vidros com CS menores que 0,35 são vidros com alta performance, e vidros com CS maiores que 0,35 são vidros de baixa performance.

2.9.4 Mecanismos de trocas térmicas através das superfícies transparentes

Nas edificações, as janelas são grandes responsáveis pelo consumo energético, tanto por facilitar a entrada da radiação solar, como por facilitar as perdas de calor, por condução e através da ventilação.

Conforme Santana (2006), a cada 10% de aumento de área de janela em fachadas, ocorre um acréscimo de 2,9% no consumo de energia. Em estudo semelhante, Bulla (1995) teve uma redução de 5%, quando modifica de norte para leste a orientação das janelas da fachada principal.

Os vidros comuns que geralmente compõem as janelas, além de ter alto FS, tem alta transmitância térmica (Valor U), que é a parcela de troca de calor por condução medida em Watts/m²°C, através da parede. No entanto, existem possibilidades de controlar esta troca, através de soluções envidraçadas com vidros duplos e ou vidros de baixa emissividade, que reduzem em aproximadamente 50% os valores de transmitância térmica entre ambientes de uma sala envidraçada com o exterior.

2.9.5 Relação de Seletividade Luz/Calor (SLC)

Na busca pelo bom desempenho dos vidros em fachadas de edifícios, para que este material seja um filtro inteligente da radiação solar, deve se procurar o equilíbrio entre a quantidade de luz e de calor transmitidas para o interior.

Em publicação de maio de 2008, da revista Finestra, Gonçalves sugere que o vidro ideal para climas quentes todo ano seria aquele que deixa passar toda a radiação visível e nada dos raios infravermelhos. Esta solução inexistente, então procura-se, dentro dos produtos disponíveis no mercado, soluções com vidro, que atendam de maneira eficiente a exigência do edifício. Se a quantidade de luz visível for barrada pelo tipo de vidro escolhido, com o objetivo de barrar a entrada do calor, haverá escurecimento do ambiente interno, com efeitos negativos sobre a visão, exigindo-se mais energia para iluminação artificial. Busca-se então uma solução de seletividade da radiação solar através dos envidraçamentos dos prédios.

Santos (2002) adotou a denominação de relação de seletividade Luz/ Calor como parâmetro para avaliar a relação entre a luz visível e o calor admitidos através do vidro. Ensaiou, sob vários ângulos de incidência de radiação, diversos tipos de vidros disponíveis no mercado, comparando ganhos de luz em função de ganhos de calor através dos mesmos, e concluiu que:

Vidros comuns coloridos, ditos de controle solar, reduzem o ofuscamento por possuírem alta absorção, mas podem causar desconforto térmico em climas quentes por grande parte da energia absorvida ser reemitida para o interior. Vidros com pigmentação mais fortes, como o cinza e o bronze, diminuem bastante a transmissividade da luz, pois aumentam a absorção, podendo provocar quebra por “stress” térmico e desconforto em períodos quentes pela energia absorvida ser reemitida também para o interior;

Vidros laminados comuns através da película de butiral impedem a passagem do UV devido à sua estrutura química, mas não acarretam melhorias específicas no desempenho dos vidros em relação à radiação solar;

Vidros laminados refletivos têm a função de aderência e proteção da metalização, mantendo para o vidro laminado características óticas semelhantes às do vidro refletivo base do conjunto;

Vidros refletivos pirolíticos com vidro base colorido, possuem a reflexão apenas um pouco superior à de seus vidros comuns base. Esse tipo de vidro possui a absorção mais elevada que a reflexão, sendo a maior absorção causada tanto pelo vidro base utilizado em suas composições, como pela característica absorvente do tratamento metalizado. Eles têm, portanto, características de vidros absorventes;

Vidros refletivos a vácuo têm características refletivas mais salientes que nos pirolíticos, e uma absorção também bastante elevada, superior à reflexão para muitos ângulos de incidência, resultando numa transmitância muito baixa. Em alguns tipos praticamente impedem a passagem da luz natural. Importante observar que este tipo de vidro só pode ser utilizado laminado ou duplado, com proteção na sua camada refletiva, em função das características do seu processo de fabricação.

Atualmente, os fabricantes já oferecem vidros refletivos com camadas metalizadas com menos reflexão. Estes vidros, se metalizados sobre massa colorida, apresentam grande absorção e uma seletividade expressiva entre o visível e o IV na absorção. Possuem maior transmitância, mas também têm características absorventes acentuadas.

Para a definição do vidro nas edificações, se faz necessário o conhecimento das características de desempenho que envolvem este material, para que se obtenha o nível adequado de iluminação aos ambientes internos, e o bloqueio também adequado da radiação solar, de modo a reduzir a energia perdida através da parede e a que penetra indesejavelmente nestes ambientes. Os problemas mais freqüentes observados pela especificação inadequada de vidros em fachadas são: o excesso de claridade (ofuscamento) ou o escurecimento da sala; o aquecimento desconfortável do ambiente interno (efeito estufa) e até mesmo a quebra do vidro por “stress” térmico, causada geralmente pela alta absorção energética de alguns tipos de vidros.

2.10 Evolução na utilização dos vidros em fachadas

Muitas vezes, a ineficiência térmica da fachada é determinada pelo tipo e material do caixilho utilizado, que junto com o vidro, definem as características estéticas pretendidas pelo projetista, o que nem sempre apresenta bons resultados com relação ao desempenho térmico. O perfeito filtro da radiação solar e a menor troca térmica entre ambientes, seria um bom desempenho para as fachadas de edifícios no sul do Brasil, onde temos meses de frio intenso.

As esquadrias têm por finalidade a estanqueidade do ar, da água e acústica dos edifícios, e assim como os vidros, têm influência direta no desempenho térmico de edifícios com grandes fachadas envidraçadas.

A necessidade de os caixilhos possibilitarem simultaneamente, fluxos de ar em diferentes alturas, pela necessidade da ventilação higiênica e de conforto no ambiente, considerando a amplitude térmicas presentes em nossa região geográfica subtropical, é citada por Cunha (2004), mas observamos que, na maioria dos edifícios comerciais os vidros são fixos.

A partir da década de 60, o vidro passa a ser parte importante nos fechamentos dos edifícios, e os vidros utilizados basicamente eram comuns monolíticos e incolores, fabricados ainda através de processos que não garantiam a perfeita planicidade à chapa. Edifícios das décadas de 60 e 70, utilizavam sistema de fixação dos vidros às fachadas chamado convencional (Figura 21), onde os

quadros que suportam os vidros, geralmente de alumínio e aço, eram pequenos e bem visíveis, “marcando” bem as linhas verticais e horizontais destas fachadas.



Figura 21 – Fachada convencional

Vidros monolíticos e incolores, assim como perfis de alumínio e aço têm alta transmitância térmica (Valor U aproximadamente $6,0 \text{ W/ m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$), além de deixarem passar através deles, grande parcela da radiação solar (Fator Solar aproximadamente 87%). Estas características devem ser consideradas nos edifícios envidraçados, principalmente em fachadas orientadas para onde se tenha grande incidência de sol nos períodos de verão.

A partir da década de 70, as fachadas em pele de vidro (Figura 22). Nestes edifícios, os montantes verticais estruturais passaram para dentro do edifício, e as linhas destes caixilhos passaram a aparecer de forma mais tênue nas fachadas dos edifícios. Nas fachadas em PV não são utilizadas travessas horizontais e a vedação e estanqueidade não são tão garantidas já que não existe sistema de drenagem. O vidro utilizado neste sistema geralmente era o vidro monolítico colorido, principalmente nas cores bronze e cinza, produtos disponíveis naquela época com a capacidade de não deixar tão visíveis as travessas da estrutura do caixilho. Por

outro lado, estes vidros também considerados termo absorventes, frequentemente apresentavam quebras por “stress térmico” quando não tratados através do processo de têmpera, por exemplo, para aumentar sua resistência térmica.



Figura 22 – Fachada pele de vidro

Nos anos 80, com a oferta de vidros metalizados no mercado, passou-se a utilizar um sistema de fixação onde o vidro é totalmente colado ao caixilho, conhecido como “structural glazing” (Figura 23), e onde as linhas horizontais e verticais, entre vidros, passam a ser imperceptíveis. Neste sistema são utilizadas travessas horizontais e a drenagem e a estanqueidade são agregados importantes ao sistema. Os vidros metalizados e laminados são os mais utilizados no “structural glazing”. Neste sistema de fixação de vidros em fachada, a possibilidade de quebra, por “stress térmico” é bem menor, já que o vidro não tem contato com o caixilho. Além disto, os vidros metalizados pela sua própria característica, refletem a radiação, diminuindo a entrada da energia solar, garantindo maior conforto nos períodos de verão às salas dos edifícios.



Figura 23 – Fachada “Structural Glazing”

Todos os sistemas citados também são chamados também de “*stick*”, pois possuem ancoragens e montagens externas, necessitando de andaime. Nos últimos anos, porém, surgem os primeiros edifícios “unitizados”, ou sistema painel onde os vidros, junto com demais elementos de vedação das fachadas, são montados em painéis, o que confere a possibilidade de industrialização do sistema e economia de mão de obra, mas por outro lado, são painéis pesados e portanto mais indicados para obras de grande porte (Figuras 24 e 25).

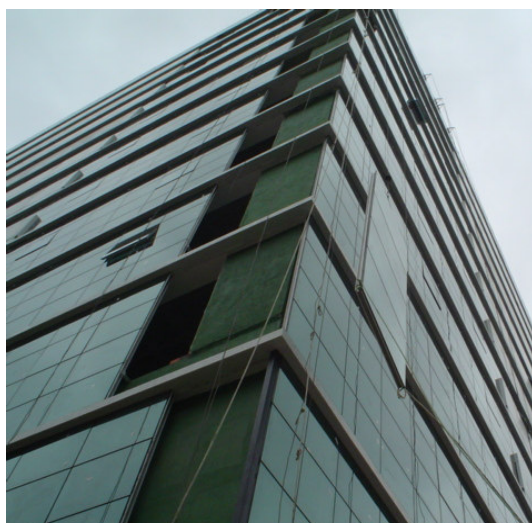


Figura 24 – Edifício Evolution Tower – Curitiba, PR



Figura 25 – Edifício Birmann 31 – São Paulo, SP

Fonte: http://www.arcoweb.com.br/arquitetura/fotos/420/vidro_multifacetado.jpg (Acesso: 15 de julho, 2009)

O tipo de vidros utilizado, assim como os sistemas de fixação dos vidros em fachadas evoluiu nestes últimos anos (Figura 26). Através de vários sistemas de fixação, vidros com novas tecnologias e processos de transformação são utilizados para atender os objetivos de sustentabilidade dos edifícios atuais.

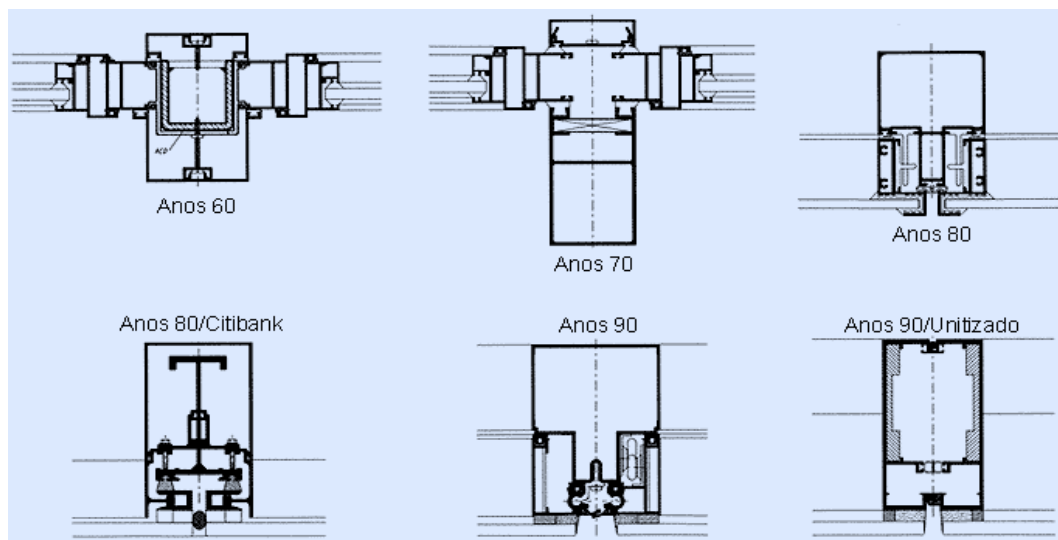


Figura 26 – Evolução nos tipos de caixilhos

Fonte: <http://www.arcoweb.com.br/tecnologia/fotos/52/desenvolvimentos.gif> (Acesso: 15 de Julho, 2009)

Vidros duplados através de câmara de ar, reduzem significativamente valores de transmitância térmica (Valor U) entre ambientes interno e externo, e se estes forem de baixa emissividade (low-E), como os utilizados em países onde as diferenças de temperatura entre ambientes são muito grandes, pode-se reduzir ainda mais o valor U. Os sistemas de fixação dos vidros em fachadas, também oferecem diferentes coeficientes de transmitância térmica, pela própria característica do material com o qual é confeccionado a esquadria. Esquadrias de madeira, pela própria natureza do material, são boas isolantes térmicas, pois seu valor U fica em torno de $1,75 \text{ W/ m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$, assim como as esquadrias de PVC, ofertadas no mercado atual, com almas de aço e câmaras de ar, que também possuem baixa transmitância térmica (Valor U= $2,1 \text{ W/ m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$).

Fabricantes de vidros e caixilhos, para atender as novas exigências dos projetistas, que buscam a certificação e a sustentabilidade para seus edifícios, desenvolvem constantemente novos produtos. Hoje existem soluções para cada tipo de fachada, agregando características de vidros às características das esquadrias e, muitas vezes às proteções solares externas e/ ou internas.

3 METODOLOGIA

Este trabalho se caracteriza por utilizar também de informações obtidas na prática, já que houve participação direta da autora na definição do tipo de vidro utilizado nas obras analisadas. Para a seleção dos edifícios foram levados em consideração os seguintes aspectos e características:

- Localização na cidade de Porto Alegre;
- Período de construção de 1992 a 2009;
- Ocupação comercial;
- Número de pavimentos superior a 5;
- Tipologia com planta retangular e fachada principal com maior percentual de fechamento transparente.

Seguindo os aspectos acima, foram selecionados 25 edifícios (Apêndice A), e em função do conhecimento de suas características construtivas, através de dados obtidos em arquivo pessoal, visitas in loco, registros fotográficos e entrevistas com profissionais e construtoras que executaram as obras, selecionou-se em uma segunda etapa os 7 edifícios que foram considerados os mais representativos, pelo seguinte critério:

- Construção típica para o ano de execução;
- Solução inovadora adotada para o envidraçamento;
- Tipologia, uso e sistema de condicionamento de ar semelhantes;
- Localização na III Perimetral de Porto Alegre, no trecho compreendido entre as Avenidas Dom Pedro I e Carlos Gomes, conforme Figura 27, por ser a área da cidade onde cresce este tipo de ocupação e se concentram o maior número de edifícios comerciais da cidade.

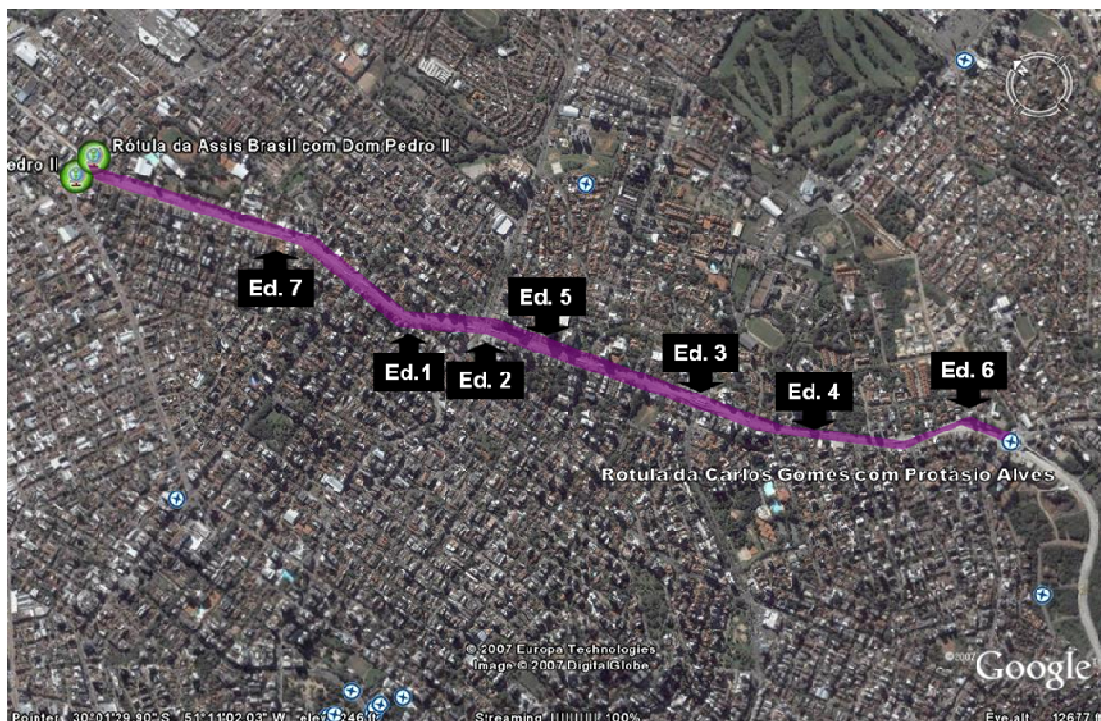


Figura 27 – Localização dos edifícios analisados (III Perimetral POA – Avenidas Carlos Gomes e Dom Pedro II)

Fonte: Google Earth

Para análise dos edifícios selecionados foram consideradas as características espectrofotométricas dos vidros, fornecida pelo software “Calumen” (Anexo B), e foram executados os cálculos que determinam as cargas térmicas (a energia necessária para aquecer e resfriar os ambientes) considerando a orientação solar e a área da sala em questão.

Para finalizar simulou-se uma sala com vidros comuns incolores 3mm em sua fachada e, da mesma maneira que as demais salas foram calculadas as cargas térmicas para aquecer e resfriar estas salas nas orientações leste e oeste. Assim, pode-se também comparar e demonstrar claramente os benefícios das especificações dos vidros dos sete edifícios em relação ao desempenho térmico de uma fachada de vidros comuns incolores de 3mm de espessura.

Para o cálculo das cargas térmicas foram consideradas os ganhos e perdas de energia apenas através da fachada envidraçada. As cargas transmitidas pela iluminação, pelos equipamentos elétricos e pessoas, não foram consideradas, já que este dado é comum para todas as salas, em função da mesma utilização, já que são todas salas de escritórios.

Inicialmente os cálculos foram feitos considerando as piores situações para inverno e verão na cidade de Porto Alegre, em fachadas com alta incidência solar (Leste = 10hs e Oeste = 17hs) e posteriormente estes resultados foram comparados com os resultados obtidos através do software E-20 da Carrier, também utilizado para obter estas cargas, mas usando dados de médias anuais de temperatura, conforme explicativo no Anexo C.

3.1 Metodologia de cálculo das cargas térmicas das fachadas envidraçadas dos edifícios analisados

3.1.1 Metodologia de cálculo manual

Para os cálculos a seguir foram considerados os dados fornecidos pela ASHRAE 2001 – Handbook of Fundamentals, através das tabelas fornecidas nas apostilas “Aquecimento Ambiental” e “Carga de Resfriamento de Ar Condicionado” do Curso de Engenharia Mecânica da UFRGS e as características dos vidros de cada edifício, obtidas através do software Calumen (Tabela 1).

As tipologias das salas são apresentadas na Tabela 2. Considerando que a sala é quadrada, com a parede da fachada principal envidraçada e o Pé Direito Médio é de 3,00m (Figura 28), para determinar a Área de Vidros de cada sala adotou-se a seguinte fórmula:

$$\text{Área de vidros} = \sqrt{\text{Área da sala}} \times \text{Pé Direito}$$

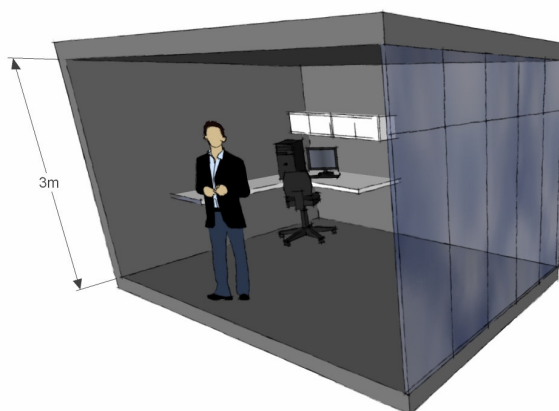


Figura 28 – Croquis da sala envidraçada

Tabela 1 – Características espectrofotométricas dos vidros dos edifícios analisados

Caract. Vidro	TLum (%)	Rext (%)	Abs. (%)	FS (%)	CS Ashrae	U Inv. W/m ² °C Ashrae	U Ver. W/m ² °C Ashrae	RHG W/m ² Ashrae	SLC Tv/Fs Ashrae
Edifício 1	5	28	72	24	0,28	6,32	6,30	224	5/24
Edifício 2	10	28	67	28	0,32	6,32	6,26	248	10/28
Edifício 3	19	25	62	31	0,36	6,32	6,22	273	19/31
Edifício 4	7	43	54	20	0,23	6,32	6,17	195	7/20
Edifício 5	31	12	71	36	0,42	6,24	6,21	311	31/36
Edifício 6	46	10	53	53	0,61	6,36	6,20	433	46/53
Edifício 7	27	23	53	31	0,36	2,89	3,18	253	27/31
Edifício com Incolor 3mm	90	8	7	87	1,00	5,80	5,80	675	90/87

Fonte: Software CALUMEN (Anexo B) e Manual do Vidro

Tabela 2 – Tipologias dos edifícios analisados

	Ano	Área Salas (m2)	Área vidros* (m2)	No. Salas/andar	No. Pavts	Orient. Fachada principal	Forma	Composição fachadas
Ed. 1	1994	45	20	6	11	L	Retangular	Vidro laminado refletivo + alumínio+ granito preto
Ed. 2	1996	30	16	7	13	L	Retangular	Vidro laminado refletivo + alumínio+ granito terra
Ed. 3	1999	270	49	2	14	O	Retangular	Vidro laminado refletivo + alumínio + alumínio composto
Ed. 4	2001	50	21	8	10	O	Retangular	Vidro laminado refletivo + alumínio + granito preto
Ed. 5	2004	425	62	2	13	O	Retangular	Vidro laminado refletivo + PVC branco
Ed. 6	2006	125	33	2	13	O	Retangular	Vidro laminado refletivo + alumínio + brises alumínio+ granito e alumínio composto brancos
Ed. 7	2008	380	58	1	15	L	Retangular	Vidro laminado refletivo + alumínio + telas solares internas + granito claro

3.1.1.1 Cálculo de carga para aquecimento das salas

A seguinte fórmula foi utilizada no cálculo de carga para aquecimento:

$$Q_a = U_{inv} \times A \times \Delta t$$

Onde:

Q_a = carga térmica para aquecimento

U_{inv} = coeficiente de transmitância térmica do vidro no inverno (Tabela 1)

A = área envidraçada da sala (Tabela 2)

$\Delta t = t_i - t$

t_i = Temperatura de Conforto no Inverno POA = 22 °C

t = T_{bs} POA = 6°C (Tabela 3)

3.1.1.2 Cálculo de carga para resfriamento das salas

Para os cálculos das cargas para resfriamento foram adotados os horários mais críticos no verão, para edifícios com fachada Oeste e Leste, 17 e 10hs respectivamente, conforme tabela 7. O cálculo da carga para resfriamento é dividido em:

- a) Cálculo do Q_{vc} (parcela de calor transmitida por condução)
- b) Cálculo do Q_{vi} (parcela de calor transmitida por radiação)

$$Q_r = Q_{vc} + Q_{vi}$$

Onde:

Q_r = carga térmica para resfriamento

Q_{vc} e Q_{vi} = parcelas de calor transmitidas por condução e radiação

$$a) \quad Q_{vc} = U_{ver} \times A \times (t_{eh} - t_i)$$

$$b) \quad Q_{vi} = FGCS \times A \times CS \times FCR$$

Onde:

U_{ver} = coeficiente de transmitância térmica do vidro no verão (Tabela 1)

A = área envidraçada da sala (Tabela 2)

t_{eh} = Temperatura externa horária = T_{bs} máxima (Tabela 4) – (PVD x VD)

PVD = Percentagem de variação diária de temperatura (Tabela 5)

VD = Variação diária de temperatura (Tabela 4)

t_i = Temperatura de Conforto no Verão POA (24°C)

FGCS = Fator de Ganho de Calor Solar (Tabela 6)

CS = Coefic. de Sombra do Vidro (Tabela 1)

FCR = Fator de carga de resfriamento (Tabela 7)

Tabela 3 – Condições externas de projeto para inverno

Estação	WMO#	Latit.	Longit.	Elev.	Press.	Data	Tbs	UR	F	Vento	
				m	Atmos.		°C	%	grVA/ kgAS	Veloc.	Dire.
					kPa		1%			m/s	Grau
Belém	821930	1,38 S	48,48 W	16	101,13	8293	23	80	14,2	0,7	90
Brasília	833780	15,87 S	47,93 W	1061	89,21	8293	11	65	5,3	0,2	90
Campinas	837210	23,00 S	47,13 W	661	93,63	8293	10	70	5,4	3,7	150
Campo Grande	836120	20,47 S	54,67 W	556	94,82	8293	10	70	5,4	7,3	180
Curitiba	838400	25,52 S	49,17 W	908	90,88	8293	4,5	80	4,2	1,1	270
Fernando Noronha	824000	3,85 S	32,42 W	56	100,65	8293	23	80	14,2	3,1	130
Fortaleza	823980	3,78 S	38,53 W	25	101,03	8293	22,5	80	13,7	2,1	180
Goiânia	834240	16,63 S	49,22 W	747	92,67	8293	13	65	6,1	0,3	180
Maceió	829930	9,52 S	35,78 W	115	99,95	8293	20	78	11,5	0,2	180
Manaus	923320	3,15 S	59,98 W	84	100,32	8293	23	80	14,2	1,6	30
Natal	825990	5,92 S	35,25 W	52	100,70	8293	22	80	13,3	2,9	150
Porto Alegre	839710	30,00 S	51,18 W	3	101,29	8293	6	80	4,6	0,7	240
Recife	828990	8,07 S	34,85 W	19	101,10	8293	22	78	13	2,3	240
Rio de Janeiro	837460	22,82 S	43,25 W	6	101,25	8293	16	78	8,8	1,2	320
Salvador	832480	12,90 S	38,33 W	6	101,25	8293	21	80	12,5	0,7	180
Santarém	822440	2,43 S	54,72 W	72	100,46	8293	22	80	13,3	2,6	210
São Paulo	837800	23,62 S	46,65 W	803	92,04	8293	10	70	5,4	2,0	160
Vitoria	836490	20,27 S	40,28 W	4	101,28	8293	17	78	9,5	0,6	210

Obs.: WMO# = Número da Organização Meteorológica Mundial Tbs = Temperatura externa de bulbo seco
1% = Percentual de horas anuais (88 h) com temperatura inferior

Fonte: Apostila “Aquecimento Ambiental” – UFRGS – Curso de Engenharia Mecânica

Tabela 4 – Condições externas de projeto para verão

Estação	Temp. Bulbo Seco		Temp. Bulbo Úmido		Relação de Umidade	
	Tbs		Tbu		RU	VD
	°C		°C		g/kg	da
	1%		1%		1%	Tbs
Belém	32,5		26,5		21,5	8
Brasília	31		21,5		17	13
Campinas	32		24		19	10
Campo Grande	34		24,5		19	10
Curitiba	29,5		22		17,5	9,5
Fern. Noronha	30		26		20,5	4,5
Fortaleza	32		26,5		21,5	6
Goiânia	33		23		18	13
Maceió	32		25,5		19,5	8
Manaus	34		27,5		22,5	8
Natal	32		26		20,5	7
Porto Alegre	33,5		25		19	9,5
Recife	33		26,5		20,5	6
Rio de Janeiro	37		27		20,5	10,5
Salvador	31		26,5		20,5	6
Santarém	33		26,5		20,5	8
São Paulo	31		22,5		17,5	8
Vitoria	33		26		20	8

Fonte: Apostila “Carga de Resfriamento de Ar Condicionado” – UFRGS – Curso de Eng. Mecânica

Tabela 5 – Percentagem da variação diária da temperatura externa (PVD)

Hora	%	Hora	%	Hora	%	Hora	%
1	87	7	93	13	11	19	34
2	92	8	84	14	3	20	47
3	96	9	71	15	0	21	58
4	99	10	56	16	3	22	68
5	100	11	39	17	10	23	76
6	98	12	23	18	21	24	82

Fonte: Apostila “Carga de Resfriamento de Ar Condicionado” – UFRGS – Curso de Eng. Mecânica

Tabela 6 – Fator de ganho de calor solar para janelas ensolaradas(W/m²)

Mês	Orientação da Abertura					
	S	SE ou SO	E ou O	NE ou NO	N	Horiz
Latitude 0 graus						
DEZ	407	650	603	208	117	805
JAN	363	634	615	243	120	820
FEV	237	590	669	353	120	871
MAR	126	514	729	514	126	924
Latitude 8 graus						
DEZ	284	631	631	259	123	849
JAN	243	615	644	294	123	858
FEV	148	565	681	404	129	890
MAR	120	470	726	555	177	915
Latitude 16 graus						
DEZ	208	612	653	312	129	874
JAN	174	590	663	350	133	874
FEV	129	530	691	451	145	890
MAR	114	423	716	603	293	890
Latitude 24 graus						
DEZ	174	581	669	369	136	880
JAN	142	555	672	407	145	877
FEV	120	492	694	511	227	874
MAR	110	375	700	650	423	839
Latitude 32 graus						
DEZ	139	555	675	439	189	871
JAN	126	527	678	473	227	861
FEV	117	445	691	571	350	836
MAR	104	325	678	688	540	770

Fonte: Apostila “Carga de Resfriamento de Ar Condicionado” – UFRGS – Curso de Eng. Mecânica

Tabela 7 – Fator de carga de resfriamento para janelas sem proteção interna

Or	HORA SOLAR																							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
SS	.23	.20	.18	.16	.14	.34	.41	.46	.53	.59	.65	.70	.73	.75	.76	.74	.75	.79	.61	.50	.42	.36	.31	.27
SE	.07	.06	.06	.05	.04	.21	.36	.44	.45	.40	.36	.33	.31	.30	.28	.26	.23	.21	.17	.15	.13	.11	.09	.08
E	.07	.06	.06	.05	.05	.18	.33	.44	.50	.51	.46	.39	.35	.31	.29	.26	.23	.21	.17	.15	.13	.11	.10	.08
NE	.09	.08	.07	.06	.05	.14	.26	.38	.48	.54	.56	.51	.45	.40	.36	.33	.29	.25	.21	.18	.16	.14	.12	.10
N	.12	.11	.09	.08	.07	.08	.11	.14	.21	.31	.42	.52	.57	.58	.53	.47	.41	.36	.29	.25	.21	.18	.16	.14
NO	.15	.14	.12	.10	.09	.09	.10	.12	.13	.15	.17	.23	.33	.44	.53	.58	.59	.53	.41	.33	.28	.24	.21	.18
O	.15	.13	.11	.10	.09	.09	.09	.10	.11	.12	.13	.14	.19	.29	.40	.50	.56	.55	.41	.33	.27	.23	.20	.17
SO	.14	.12	.11	.09	.08	.09	.10	.11	.13	.14	.16	.17	.18	.21	.30	.42	.51	.54	.39	.32	.26	.22	.19	.16
H	.16	.14	.12	.11	.09	.11	.16	.24	.33	.43	.52	.59	.64	.67	.66	.62	.56	.47	.38	.32	.28	.24	.21	.18

Obs.: Or=Orientação solar, SS=Sul ou Sombra, H=Horizontal

Fonte: Apostila “Carga de Resfriamento de Ar Condicionado” – UFRGS – Curso de Eng. Mecânica

3.1.2 Metodologia de cálculo através do software E-20 (Carrier)

Para os cálculos através do software E-20 também são considerados os dados fornecidos pela ASHRAE 2001 e as características espectrofotométricas dos vidros de cada edifício, obtidas através do software Calumen (Tabela 1). Foram consideradas apenas as cargas térmicas que ocorrem através da parede envidraçada das salas.

O software fornece as cargas para resfriamento e aquecimento considerando os 365 dias do ano, conforme explicativo no Anexo C.

Este software é o mais utilizado atualmente por engenheiros calculistas de equipamentos para condicionamento de ar nos edifícios, por fornecer dados completos com relação aos equipamentos possíveis de serem utilizados em cada projeto e também por comparar o consumo de energia utilizada por cada sistema, simulando a operação durante todo o ano.

4 RESULTADOS

Neste capítulo serão apresentados dados históricos levantados sobre os edifícios analisados, e serão apresentados também os resultados dos cálculos das cargas térmicas necessárias para aquecer e resfriar as salas destes edifícios, levando-se em conta as características do tipo de vidro utilizado em cada um deles. A partir daí serão traçados parâmetros comparativos entre as performances de cada solução adotada nos edifícios analisados.

4.1 Prédios comerciais envidraçados de Porto Alegre

A partir da década de 90, a busca por vidros para conforto térmico e controle solar, como os vidros refletivos para a composição das fachadas envidraçadas, já refletia a preocupação com a eficiência energética dos edifícios e a busca por soluções estéticas inovadoras. Observam-se muitos edifícios envidraçados com soluções diferenciadas nos centros das grandes cidades do país, como na Avenida Paulista (Figura 29a) em São Paulo, onde se concentram edifícios comerciais. O crescimento da cidade de Porto Alegre, contempla a concentração deste tipo de edifícios na III Perimetral (Figura 29b), principalmente no trecho das Avenidas Carlos Gomes e Dom Pedro II, após o alargamento destas vias.

Nos edifícios analisados se observaram semelhanças com relação ao tipo de ocupação (comercial), à tipologia (plantas retangulares e fachada principal envidraçada) e sistema de condicionamento de ar central. O diferencial para sua seleção foi a evolução na escolha do tipo de vidro que aconteceu nos últimos 18 anos. Os envidraçamentos dos edifícios são os grandes responsáveis pelas trocas e ganhos de calor externo, assim o tipo de vidro utilizado teve importância fundamental para determinar o desempenho térmico e ótico das salas de trabalho destes edifícios. Cada um dos vidros utilizados tem características espectrofotométricas próprias o que resultou em desempenhos e performances térmicas e óticas diferenciadas, além do aspecto estético.



Figuras 29a e 29b – Edifícios da Avenida Paulista, São Paulo e III Perimetral, Porto Alegre
 Fonte: http://images.uncyc.org/pt/9/98/Av_paulista55.jpg e <http://www.portoimagem.com/novas-ago-06/3perimetral/3perimetral29.jpg> (Acesso:15 de Julho, 2009)

Além das características espectrofotométricas dos vidros, foram consideradas as cargas térmicas da radiação solar a que estas fachadas estão submetidas (verão e inverno), as dimensões das salas e sua orientação solar. Os dados referentes aos sete (7) edifícios foram analisados, para que se tenha uma visão clara sobre os benefícios que as diversas especificações do vidro ofereceram aos edifícios (Figura 30) com relação às cargas térmicas necessárias para o condicionamento do ar.

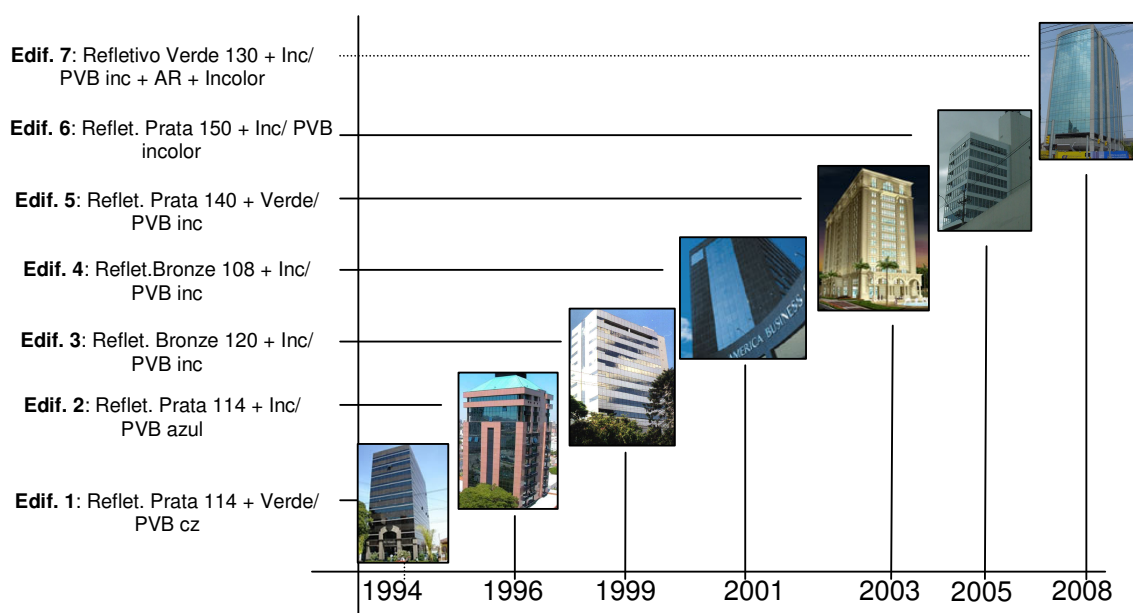


Figura 30 – Composições dos vidros dos edifícios analisados X Períodos de construção

Posteriormente, as características de desempenho das salas dos edifícios considerados foram analisadas comparando suas performances com salas envidraçadas com vidros comuns incolor 3mm.

Observa-se, neste trabalho, que vidros muito refletivos foram uma tendência nas fachadas dos edifícios comerciais de Porto Alegre, a partir de 1990. As reflexões altas, muitas vezes significavam e definiam mais “status” para o prédio. Estas soluções eram “importadas” de outros grandes centros e passavam a ser utilizadas, mais com apelo estético nos edifícios comerciais de Porto Alegre, do que propriamente pelos benefícios que a especificação poderia trazer. Por outro lado, buscava-se soluções com vidros que barrassem a entrada da energia solar, pensando no calor dos dias de verão, sem que houvesse a preocupação com a diminuição na entrada da luz, ou seja, aumentava-se a reflexão, reduzindo a entrada do infra vermelho, mas reduzindo junto grande parte do visível. Em muitas salas dos edifícios analisados se faz necessária a utilização de iluminação artificial em grande parte do dia, aumentando os gastos com energia elétrica. Com o passar dos anos, observou-se a tendência a utilizar vidros menos refletivos, com reflexão mais baixa, e índices de seletividade mais eficientes relacionando entrada de calor e de luz. Estes produtos já vem sendo bem utilizados em outros países, considerados desenvolvidos.

4.1.1 Edifício 1 – Edifício Sir Winston (1994)

Em meados de 1990 com a disponibilidade dos vidros refletivos no mercado da construção civil no Brasil, houve uma busca sem critérios por estes vidros, também chamados “espelhados” ou “reflexivos”. A reflexão da fachada dos edifícios sugeria modernidade e, projetistas e proprietários utilizavam estes vidros como um agregado para valorizar suas obras. Na época, também os fabricantes do vidro buscavam a aproximação dos projetistas através de visitas de promotores técnicos aos escritórios de projeto, para auxiliar na especificação destes novos produtos, e conseqüentemente aumentar seu consumo.

Em 1994, o *Sir Winston* (Figura 31) foi um dos primeiros edifícios comerciais de Porto Alegre a utilizar vidros refletivos já fabricados no mercado nacional. A Figura 32 indica a localização deste edifício na malha urbana de Porto Alegre.



Figura 31 – Edifício Sir Winston

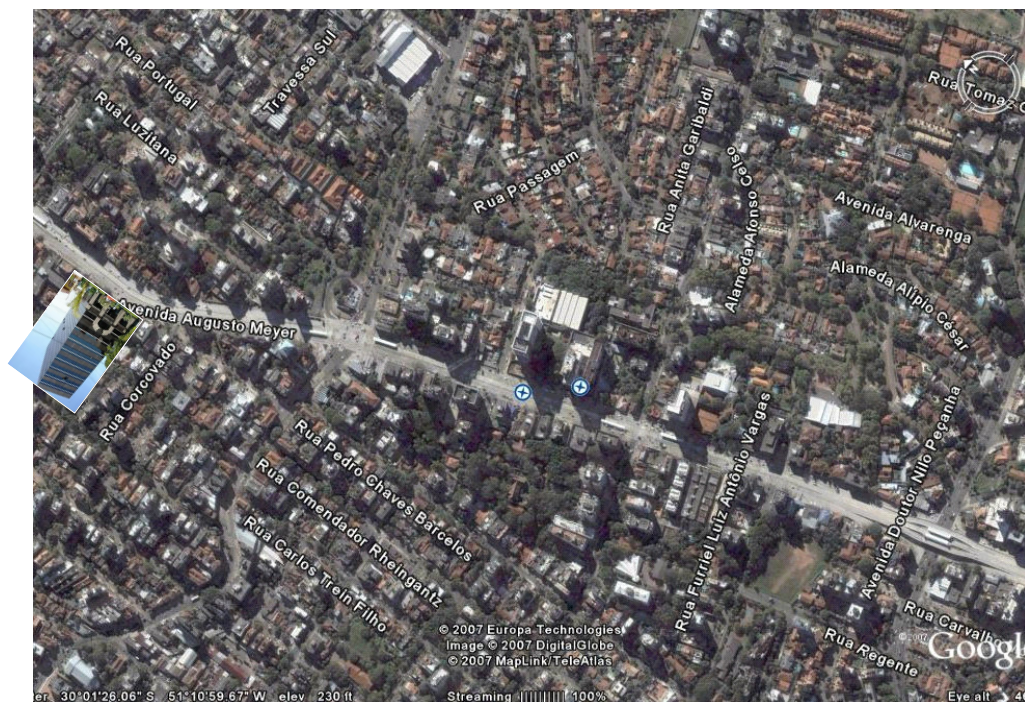


Figura 32 – Localização Edifício Sir Winston em Porto Alegre

Fonte Google Earth

4.1.1.1 Características do Edifício Sir Winston

As características principais deste edifício são:

- **Formato em planta** – Retangular
- **Fachada principal** – Leste
- **Número de pavimentos** – 9
- **Número de salas/ pavimento** – 6
- **Sistema de Ar condicionado** - Central
- **Sistema caixilhos** – Strucutral Glazing
- **Vidros** - Cool lite (Cebrace) cristal refletivo a vácuo, prata 114 4mm (metalização na face 2) +.PVB cinza + Cristal verde 4mm, conforme Figura 33.

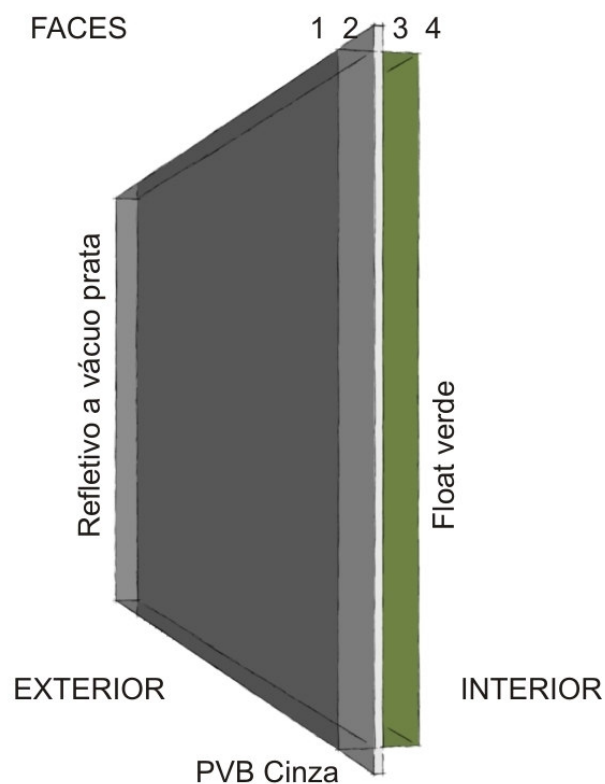


Figura 33 – Edifício Sir Winston – Corte esquemático composição vidros

4.1.1.2 Cálculo das cargas térmicas para aquecimento e resfriamento das salas do Edifício Sir Winston

Para o cálculo das cargas térmicas para aquecimento e resfriamento das salas foram utilizadas, para todos os edifícios, as fórmulas abaixo e o software E-20 da Carrier, considerando apenas as cargas da fachada envidraçada:

- Carga Térmica para aquecimento das salas: **$Q_a = U_{inv} \times A \times \Delta t$**

$$Q_a = 6,32 \text{ W/m}^2\text{C} \times 20\text{m}^2 \times (22^\circ\text{C} - 6^\circ\text{C}) = 2.275,20\text{W} = \mathbf{113,76 \text{ W/ m}^2}$$

- Carga térmica para resfriamento das salas: **$Q_r = Q_{vc} + Q_{vi}$**

a) **$Q_{vc} = U_{verão} \times A \times (t_{eh} - t_i)$**

$$= 6,30 \text{ W/m}^2\text{C} \times 20\text{m}^2 \times (33,5^\circ\text{C} - 0,56 \times 9,5^\circ\text{C}) - 24^\circ\text{C}$$

$$= 526,68 \text{ W} = 26,33 \text{ W/ m}^2$$

b) **$Q_{vi} = FGCS \times A \times C_s \times FCR$**

$$= 691 \text{ W/m}^2\text{C} \times 20\text{m}^2 \times 0,28 \times 0,51 = 1973,49 = 98,67 \text{ W/ m}^2$$

$$Q_r = Q_{vc} + Q_{vi} = \mathbf{125 \text{ W/ m}^2}$$

Conforme o software E-20 (Tabela 8):

- Carga térmica para aquecimento das salas: 2085 W (Tabela 8 – página 80)/ 20m² (Área da sala) = **104 W/ m²**
- Carga Térmica para resfriamento das salas: 1360+821 W (Tabela 8 – página 80)/ 20m² (Área da sala) = **109W/ m²**

As diferenças nos valores obtidos ocorrem devido a carga calculada pelo software considerar uma média das temperaturas dos 365 dias do ano, e no cálculo manual foram considerados os dias e horários de temperaturas mais extremas em Porto Alegre, tanto no inverno, para aquecimento das salas, quanto no verão, para seu resfriamento.

Tabela 8 – Cargas térmicas Edifício 1 – Sir Winston

	DESIGN COOLING			DESIGN HEATING		
	COOLING DATA AT Jan 1100 COOLING OA DB / WB 31,3 °C / 23,5 °C			HEATING DATA AT DES HTG HEATING OA DB / WB 4,4 °C / 0,9 °C		
ZONE LOADS	Details	Sensible (W)	Latent (W)	Details	Sensible (W)	Latent (W)
Window & Skylight Solar Loads	19 m²	1360	-	19 m²	-	-
Wall Transmission	2 m²	63	-	2 m²	70	-
Roof Transmission	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Window Transmission	19 m²	821	-	19 m²	2085	-
Skylight Transmission	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Door Loads	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Floor Transmission	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Partitions	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Ceiling	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Overhead Lighting	729 W	504	-	0	0	-
Task Lighting	0 W	0	-	0	0	-
Electric Equipment	1800 W	1552	-	0	0	-
People	8	331	451	0	0	0
Infiltration	-	0	0	-	0	0
Miscellaneous	-	0	0	-	0	0
Safety Factor	0% / 0%	0	0	0%	0	0
>> Total Zone Loads	-	4631	451	-	2155	0
Zone Conditioning	-	5462	451	-	12	0
Plenum Wall Load	0%	0	-	0	0	-
Plenum Roof Load	0%	0	-	0	0	-
Plenum Lighting Load	0%	0	-	0	0	-
Return Fan Load	437 L/s	0	-	437 L/s	0	-
Ventilation Load	56 L/s	422	821	56 L/s	80	0
Supply Fan Load	437 L/s	81	-	437 L/s	-81	-
Space Fan Coil Fans	-	0	-	-	0	-
Duct Heat Gain / Loss	0%	0	-	0%	0	-
>> Total System Loads	-	5965	1272	-	11	0
Central Cooling Coil	-	5965	1272	-	0	0
>> Total Conditioning	-	5965	1272	-	0	0
Key:	Positive values are cig loads Negative values are htg loads			Positive values are htg loads Negative values are cig loads		

Fonte: Software E-20 (Carrier)

Neste primeiro edifício selecionado para análise – Sir Winston (1994), utilizou-se um vidro laminado refletivo de baixíssima transmissão luminosa (5%), tendência da sua época, que agregado ao PVB colorido (cinza), tornou a solução do envidraçado, além de bastante absorvente, uma grande barreira para a entrada da luz. O vidro interno verde, por sua vez, favoreceu o domínio desta cor aos ambientes internos, tornando-os “esverdeados”, já que uma parcela significativa da luz natural foi barrada pelo primeiro vidro da composição, bastante refletivo e absorvente, assim como o PVB colorido.

Nesta época estavam sendo fabricados os primeiros vidros refletivos a vácuo na fábrica da Cebrace em Caçapava, São Paulo. Muitos projetistas e especificadores do país, convidados pelo fabricante, visitaram e conheceram esta linha, o que acabava influenciando na decisão da especificação e

conseqüentemente na decisão da compra deste produto. Naquele momento, projetista e proprietário buscavam uma solução estética diferenciada para este fechamento, e sua escolha se deu também após a visita do arquiteto projetista do edifício à fábrica do vidro em São Paulo e a um “tour” pela Avenida Paulista.

Observa-se também que, externamente pode se confundir o vidro com o granito preto que também reveste a fachada, em função da alta reflexão e barreira à luz daquela composição.

Para aquele momento histórico, podemos considerar que o Sir Winston pode ser considerado um edifício comercial de referência na utilização da solução do envidraçado.

4.1.2 Edifício 2 – Centro Prof. Augusto Meyer (1996)

Para a solução do envidraçamento do segundo edifício em análise – Augusto Meyer, construído em 1996 (Figura 34) e também situado na III Perimetral de Porto Alegre (Figura 35), ainda optou-se por um vidro refletivo com transmissão luminosa baixa (10%) para a composição do laminado, pois não havia disponibilidade de muitas outras opções de vidros refletivos.

Como a solução desejada pelo proprietário era a de um vidro azul refletivo, e ainda não havia nesta época no mercado nacional, vidros com metalizações azuis, optou-se pela utilização do PVB colorido (azul) e metalização na face 3 (conforme Figura 36).

Sabe-se que a solução com PVBs coloridos agregam maior custo às composições de vidros laminados, além de aumentarem a absorção na composição do envidraçado, mas nesta época era a única opção disponível pelo fabricante no Brasil para atender ao aspecto estético procurado.

Foram executadas amostras utilizando o refletivo prata e PVBs azuis claro e escuro, e optou-se pela composição com o PVB claro já que o escuro resultou em um azul refletivo bastante intenso, diferente do objetivo proposto. Importante observar que as características espectrofotométricas das duas composições não foram levadas em consideração, apenas o aspecto estético.



Figura 34 – Edifício Augusto Meyer

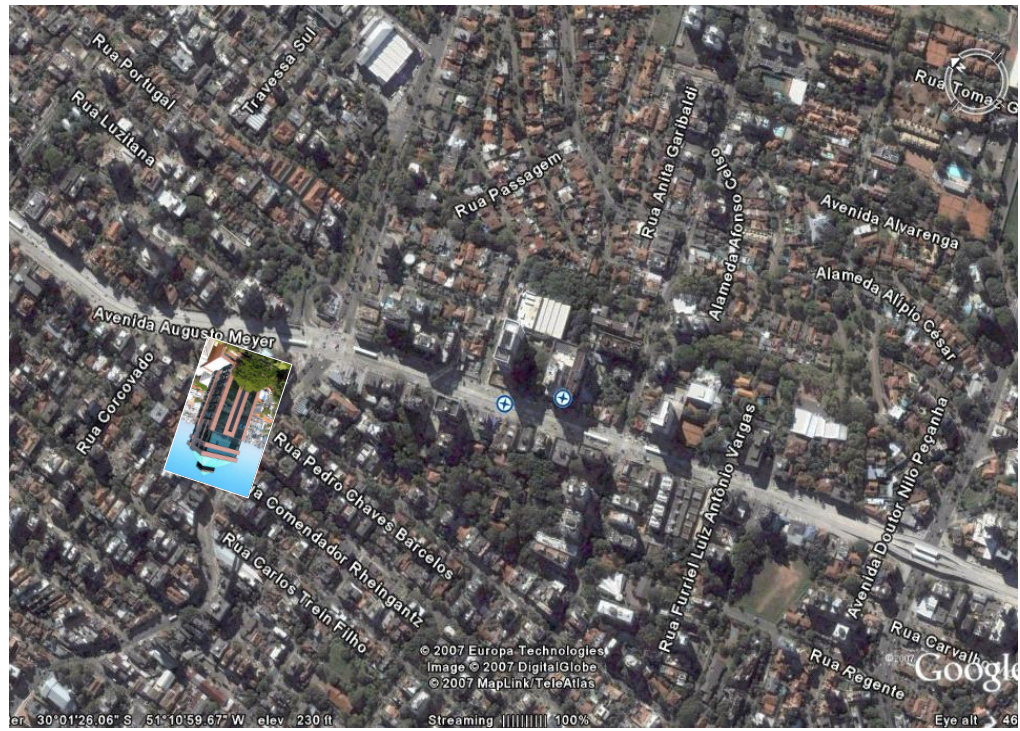


Figura 35 – Localização Edifício Augusto Meyer
Fonte Google Earth

4.1.2.1 Características do Edifício Augusto Meyer

As características principais deste edifício são:

- **Formato em planta** – Retangular
- **Fachada principal** – Leste
- **Número de pavimentos** – 13
- **Número de salas/ pavimento** – 7
- **Sistema de Ar condicionado** - Central
- **Sistema caixilhos** – Structural Glazing
- **Vidros** - Cool lite (Cebrace) cristal refletivo a vácuo, prata 114 4mm + PVB azul claro + Cristal incolor 4mm (Figura 36)

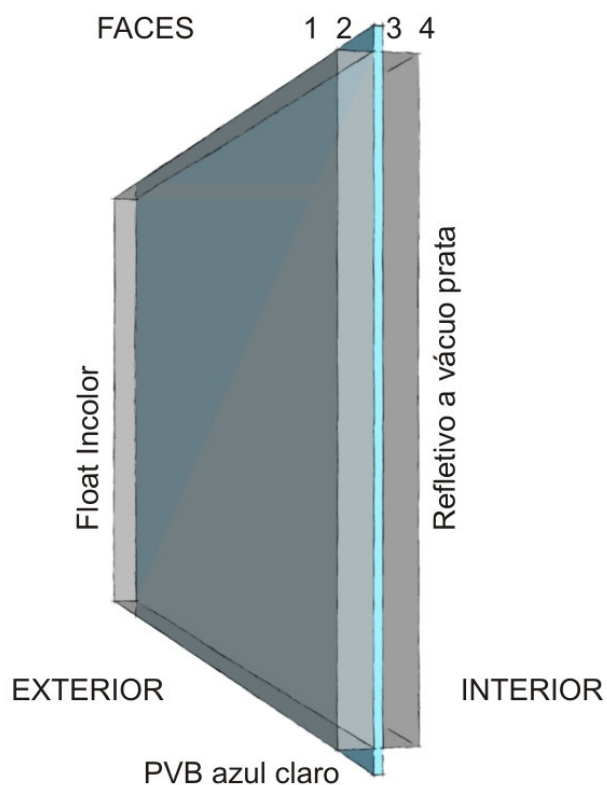


Figura 36 – Edifício Augusto Meyer – Corte esquemático da composição dos vidros

4.1.2.2 Cálculo das cargas térmicas para aquecimento e resfriamento das salas do Edifício Augusto Meyer

- Carga Térmica para aquecimento das salas: **$Q_a = U_{inv} \times A \times \Delta t$**

$$Q_a = 6,32 \text{ W/m}^2\text{C} \times 16\text{m}^2 \times (22^\circ\text{C} - 6^\circ\text{C}) = 1820,16 \text{ W} = \mathbf{113,76 \text{ W/ m}^2}$$

- Carga térmica para resfriamento das salas: **$Q_r = Q_{vc} + Q_{vi}$**

c) **$Q_{vc} = U_{verão} \times A \times (t_{eh} - t_i)$**

$$= 6,26 \text{ W/m}^2\text{C} \times 16\text{m}^2 \times (33,5^\circ\text{C} - 0,56 \times 9,5^\circ\text{C}) - 24^\circ\text{C}$$

$$= 418,66 \text{ W} = 26,16 \text{ W/ m}^2$$

d) **$Q_{vi} = FGCS \times A \times C_s \times FCR$**

$$= 691 \text{ W/m}^2\text{C} \times 16\text{m}^2 \times 0,32 \times 0,51 = 1804,33 = 112,77 \text{ W/ m}^2$$

$$Q_r = Q_{vc} + Q_{vi} = \mathbf{138,93 \text{ W/ m}^2}$$

Conforme o software E-20 (Tabela 9):

- Carga Térmica para aquecimento das salas: $1657\text{W/ } 16\text{m}^2 = \mathbf{103 \text{ W/ m}^2}$
- Carga térmica para resfriamento das salas: $1386 + 546/ 16\text{m}^2 = \mathbf{121 \text{ W/ m}^2}$

Assim como nos demais edifícios, as diferenças encontradas para as cargas térmicas resultantes se devem aos dados utilizados nas duas formas de cálculo.

Tabela 9 – Cargas térmicas Edifício 2 – Augusto Meyer

ZONE LOADS	DESIGN COOLING			DESIGN HEATING		
	COOLING DATA AT Jan 1000			HEATING DATA AT DES HTG		
	COOLING OA DB / WB 29,7 °C / 23,0 °C			HEATING OA DB / WB 4,4 °C / 0,9 °C		
	Details	Sensible (W)	Latent (W)	Details	Sensible (W)	Latent (W)
Window & Skylight Solar Loads	15 m ²	1386	-	15 m ²	-	-
Wall Transmission	1 m ²	32	-	1 m ²	43	-
Roof Transmission	0 m ²	0	-	0 m ²	0	-
Window Transmission	15 m ²	546	-	15 m ²	1657	-
Skylight Transmission	0 m ²	0	-	0 m ²	0	-
Door Loads	0 m ²	0	-	0 m ²	0	-
Floor Transmission	0 m ²	0	-	0 m ²	0	-
Partitions	0 m ²	0	-	0 m ²	0	-
Ceiling	0 m ²	0	-	0 m ²	0	-
Overhead Lighting	486 W	325	-	0	0	-
Task Lighting	0 W	0	-	0	0	-
Electric Equipment	1200 W	1023	-	0	0	-
People	5	211	300	0	0	0
Infiltration	-	0	0	-	0	0
Miscellaneous	-	0	0	-	0	0
Safety Factor	0% / 0%	0	0	0%	0	0
>> Total Zone Loads	-	3524	300	-	1700	0
Zone Conditioning	-	4221	300	-	12	0
Plenum Wall Load	0%	0	-	0	0	-
Plenum Roof Load	0%	0	-	0	0	-
Plenum Lighting Load	0%	0	-	0	0	-
Return Fan Load	329 L/s	0	-	329 L/s	0	-
Ventilation Load	38 L/s	203	565	38 L/s	44	0
Supply Fan Load	329 L/s	61	-	329 L/s	-61	-
Space Fan Coil Fans	-	0	-	-	0	-
Duct Heat Gain / Loss	0%	0	-	0%	0	-
>> Total System Loads	-	4485	865	-	-5	0
Central Cooling Coil	-	4485	865	-	0	0
>> Total Conditioning	-	4485	865	-	0	0
Key:	Positive values are clg loads Negative values are htg loads			Positive values are htg loads Negative values are clg loads		

Fonte: Software E-20 (Carrier)

O Edifício Augusto Meyer foi construído junto com outro empreendimento comercial da mesma construtora em Porto Alegre, no Bairro Menino Deus (Edifício Centro Profissional Barão de Mauá – Apêndice A). Nos dois empreendimentos foi utilizada a mesma composição de vidros, já que o resultado estético obtido foi realmente agradável aos proprietários.

Mais tarde, em 2003, a mesma construtora voltou a utilizar a solução da composição com o laminado refletivo azul agora agregada a um vidro duplo, para outro edifício comercial, o Edifício Borges 2233 (Apêndice A). Assim, por um longo período esta composição de vidros refletivos azuis passou a ser “padrão” de especificação de vidros em prédios comerciais na cidade de Porto Alegre, como podemos observar em outros prédios da cidade onde projetistas e proprietários copiavam os modelos existentes.

Observa-se que a metalização e o PVB azul claro, em certos momentos, em função do ângulo de incidência da luz, apresentam aspecto esverdeado.

4.1.3 Edifício 3 – Centro Profissional Quebec (1999)

Observa-se em Porto Alegre e em outros grandes centros do país que, com o decorrer dos anos, a quantidade de reflexão dos vidros, procurada anteriormente pelos projetistas e disponibilizada pelos fabricantes, passa a ser menos intensa. Paralelamente ao surgimento de edifícios com vidros muito refletivos onde se copiavam soluções para seus envidraçados, um grupo de projetistas procura por uma relação de seletividade mais eficiente para os fechamentos transparentes de suas obras. Buscam-se soluções para o nosso clima, soluções de envidraçamentos que possam bloquear a entrada do calor e permitir adequada entrada de luz, pensando principalmente nos dias quentes de verão quando o vidro pode ocasionar o efeito estufa nas salas de trabalho, diminuindo a produtividade e também aumentando o consumo de energia para refrigerar os ambientes. Com isto, a Cebrace, o único fabricante de vidros refletivos no Brasil, passa a produzir e disponibilizar ao mercado vidros com intensidades variadas de metalização, mais ou menos refletivos, resultando em performances diferenciadas, em função da quantidade de óxidos depositados sobre a camada metalizada, e também de metalizações sobre a massa de vidros coloridos, neste caso dispensando a utilização de PVBs coloridos, para obter-se também resultados estéticos diferenciados.

Na especificação dos vidros do Edifício Quebec (Figura 37), também localizado na III Perimetral de Porto Alegre, conforme Figura 38, foram utilizados vidros metalizados sobre massa bronze, agregados a PVB e vidro incolores (Figura 39)



Figura 37 – Edifício Quebec

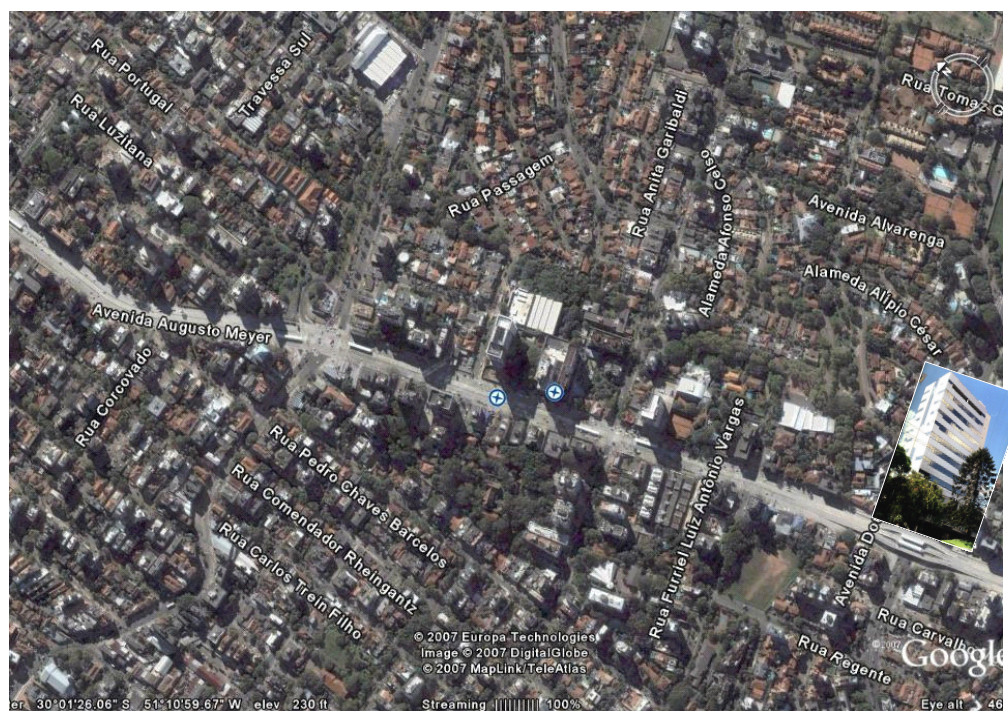


Figura 38 – Localização do Edifício Quebec
Fonte Google Earth

4.1.3.1 Características do Edifício Quebec

As características principais deste edifício são:

- **Formato em planta** – Retangular
- **Fachada principal** – Oeste
- **Número de pavimentos** – 14
- **Número de salas/ pavimento** – 2
- **Sistema de Ar condicionado**
- **Sistema caixilhos** – Structural Glazing
- **Vidros** - Cool lite (Cebrace) cristal refletivo a vácuo, bronze 120 4mm (metalização face 2) + PVB incolor + Cristal incolor 4mm (Figura 39)

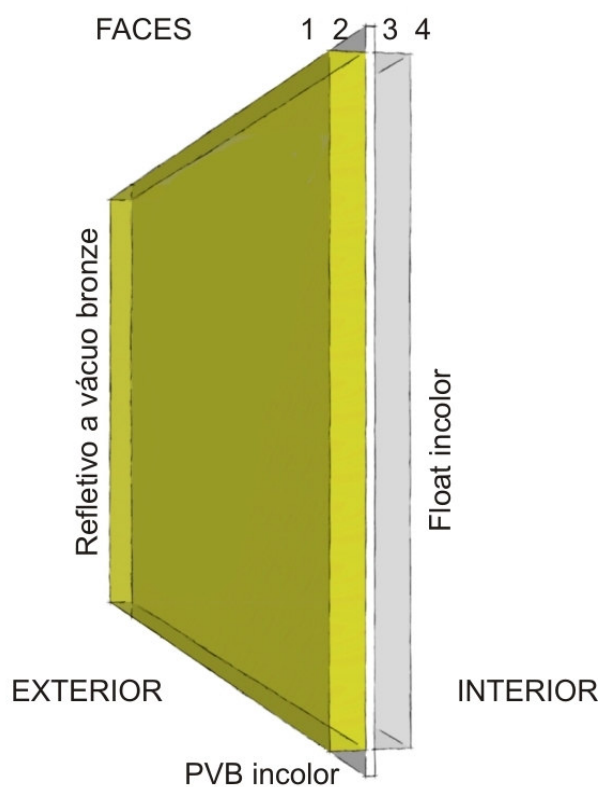


Figura 39 – Edifício Quebec – Corte esquemático da composição dos vidros

4.1.3.2 Cálculo das cargas térmicas para aquecimento e resfriamento das salas do Edifício Quebec

- Carga térmica para aquecimento da sala: **$Q_a = U_{inv} \times A \times \Delta t$**

$$Q_a = 6,32 \text{ W/m}^2\text{°C} \times 49\text{m}^2 \times (22\text{°C} - 6\text{°C}) = 5574,24 \text{ W} = \mathbf{113,76 \text{ W/ m}^2}$$

- Carga térmica para resfriamento da sala: **$Q_r = Q_{vc} + Q_{vi}$**

a) **$Q_{vc} = U_{verão} \times A \times (t_{eh} - t_i)$**

$$= 6,22 \text{ W/m}^2\text{°C} \times 49\text{m}^2 \times (33,5\text{°C} - 0,10 \times 9,5\text{°C}) - 24\text{°C}$$

$$= 2605,86 \text{ W} = 53,18 \text{ W/ m}^2$$

b) **$Q_{vi} = FGCS \times A \times C_s \times FCR$**

$$= 691 \text{ W/m}^2\text{°C} \times 49\text{m}^2 \times 0,36 \times 0,56 = 6825,97 = 139,30 \text{ W/ m}^2$$

$$Q_r = Q_{vc} + Q_{vi} = \mathbf{192,48 \text{ W/ m}^2}$$

Conforme o software E-20 (Tabela 10):

- Carga térmica para aquecimento da sala: $5130 \text{ W/ } 49\text{m}^2 = \mathbf{105 \text{ W/ m}^2}$
- Carga térmica para resfriamento da sala: $5211 + 2839\text{W/ } 49 \text{ m}^2 = \mathbf{164 \text{ W/ m}^2}$

Vidros com massa colorida, neste caso o bronze, aumentam consideravelmente a absorção da composição do envidraçado em relação a vidros incolores, e conseqüentemente aumentam a carga térmica considerada para o resfriamento das salas, principalmente neste caso por se tratar de uma fachada orientada para Oeste.

Tabela 10 – Cargas térmicas edifício 3 – Edifício Quebec

	DESIGN COOLING			DESIGN HEATING		
	COOLING DATA AT Jan 1600 COOLING OA DB / WB 34,7 °C / 24,4 °C			HEATING DATA AT DES HTG HEATING OA DB / WB 4,4 °C / 0,9 °C		
ZONE LOADS	Details	Sensible (W)	Latent (W)	Details	Sensible (W)	Latent (W)
Window & Skylight Solar Loads	47 m²	5211	-	47 m²	-	-
Wall Transmission	2 m²	54	-	2 m²	66	-
Roof Transmission	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Window Transmission	47 m²	2839	-	47 m²	5130	-
Skylight Transmission	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Door Loads	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Floor Transmission	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Partitions	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Ceiling	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Overhead Lighting	4374 W	3300	-	0	0	-
Task Lighting	0 W	0	-	0	0	-
Electric Equipment	10800 W	9617	-	0	0	-
People	45	2240	2704	0	0	0
Infiltration	-	0	0	-	0	0
Miscellaneous	-	0	0	-	0	0
Safety Factor	0% / 0%	0	0	0%	0	0
>> Total Zone Loads	-	23261	2704	-	5196	0
Zone Conditioning	-	25425	2704	-	-554	0
Plenum Wall Load	0%	0	-	0	0	-
Plenum Roof Load	0%	0	-	0	0	-
Plenum Lighting Load	0%	0	-	0	0	-
Return Fan Load	2159 L/s	0	-	2159 L/s	0	-
Ventilation Load	338 L/s	4002	4587	338 L/s	1026	0
Supply Fan Load	2159 L/s	400	-	2159 L/s	-400	-
Space Fan Coil Fans	-	0	-	-	0	-
Duct Heat Gain / Loss	0%	0	-	0%	0	-
>> Total System Loads	-	29826	7290	-	71	0
Central Cooling Coil	-	29826	7291	-	0	0
>> Total Conditioning	-	29826	7291	-	0	0
Key:	Positive values are clg loads Negative values are htg loads			Positive values are htg loads Negative values are clg loads		

Fonte: Software E-20 (Carrier)

A proposta inicial do projetista e do proprietário deste edifício era a de utilizar vidros laminados bronze sem metalização, mas em função dos ganhos agregados pela utilização do refletivo à composição, principalmente na diminuição das cargas térmicas que trariam a necessidade de equipamentos mais potentes para refrigerar as salas, optou-se pelo laminado bronze refletivo. A partir deste momento, que teve como marco importante esta obra, alguns projetistas de Porto Alegre passam a observar tecnicamente as características das composições dos vidros utilizados em fachadas de edifícios, o que neste caso foi o fator decisivo que justificou a mudança na sua especificação inicial.

4.1.4 Edifício 4 – America Business Square (2001)

Este edifício também está localizado na III Perimetral de Porto Alegre conforme Figura 41, dentro de área denominada inicialmente como “Projeto Hermes”. Lá seriam construídos blocos com vários usos, mas este projeto foi abandonado e o local passou a abrigar um centro empresarial, com vários edifícios de escritórios.

A mesma construtora responsável pelo Edifício Quebec (citado anteriormente) também foi a executora deste empreendimento, e optou por utilizar uma solução similar, esteticamente, à do Quebec, para o envidraçamento deste edifício.

Como já foi observado, para a definição dos vidros deste edifício, as características espectrofotométricas da composição já foram mais analisadas e consideradas, optando-se por utilizar um vidro também metalizado sobre massa bronze. Na época, a fábrica disponibilizava apenas o metalizado bronze com 7% de transmissão luminosa (mais refletivo que o do prédio anterior que tinha 19% de TL), ou seja, mais refletivo e com menor possibilidade da entrada do visível.

Assim, Edifício America Business Square (Figura 40), em função da indisponibilidade do produto utilizado no anterior, utilizou na composição do laminado, um vidro refletivo com menor transmissão luminosa, um pouco mais refletivo, mas também com a metalização incorporada ao vidro de massa bronze.

As fachadas opacas do edifício são em painéis pré-moldados de concreto com acabamento jateado, granito escuro e esquadrias em alumínio anodizado bronze, além dos vidros laminados refletivos também na cor bronze, resultando em uma fachada bastante escura.

4.1.4.1 Características do Edifício America Business Square

As características principais deste edifício são:

- **Formato em planta** – Retangular
- **Fachada principal** – Oeste
- **Número de pavimentos** – 10
- **Número de salas/ pavimento** – 8
- **Sistema de Ar condicionado**
- **Sistema caixilhos** – Strucutral Glazing
- **Vidros** - Cool lite (Cebrace) cristal refletivo a vácuo, bronze 108 4mm (metalização na face 2) + PVB inc. + Cristal incolor 4mm (Figura 42)

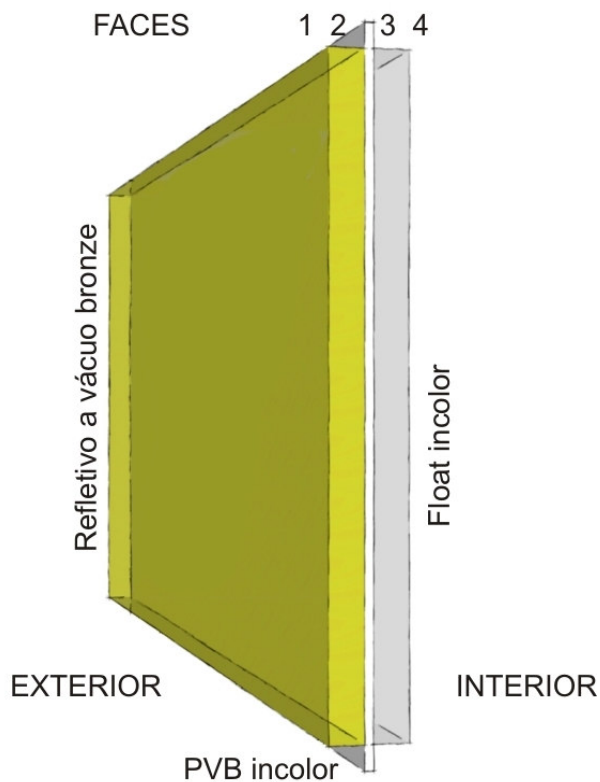


figura 42 – Edifício America Business Square – Corte esquemático da composição dos vidros

4.1.4.2 Cálculo das cargas térmicas para aquecimento e resfriamento das salas do Edifício America Business Square

- Carga térmica para aquecimento das salas: **$Q_a = U_{inv} \times A \times \Delta t$**

$$Q_a = 6,32 \text{ W/m}^2\text{C} \times 49\text{m}^2 \times (22^\circ\text{C} - 6^\circ\text{C}) = 5574,24 \text{ W} = \mathbf{113,76 \text{ W/ m}^2}$$

- Carga térmica para resfriamento das salas: **$Q_r = Q_{vc} + Q_{vi}$**

a) **$Q_{vc} = U_{verão} \times A \times (t_{eh} - t_i)$**

$$= 6,17 \text{ W/m}^2\text{C} \times 21\text{m}^2 \times (33,5^\circ\text{C} - 0,10 \times 9,5^\circ\text{C}) - 24^\circ\text{C}$$

$$= 1107,82 \text{ W} = \mathbf{52,75 \text{ W/ m}^2}$$

b) **$Q_{vi} = FGCS \times A \times C_s \times FCR$**

$$= 691 \text{ W/m}^2\text{C} \times 21\text{m}^2 \times 0,23 \times 0,56 = 1869,01 \text{ W} = \mathbf{89 \text{ W/ m}^2}$$

$$Q_r = Q_{vc} + Q_{vi} = \mathbf{141,75 \text{ W/ m}^2}$$

Conforme o software E-20 (Tabela 11):

- Carga térmica para aquecimento da sala: $2185 \text{ W/ } 21\text{m}^2 = \mathbf{104 \text{ W/ m}^2}$
- Carga térmica para resfriamento da sala: $2358 + 1165 \text{ W/ } 21 \text{ m}^2 = \mathbf{168 \text{ W/ m}^2}$

A carga térmica para resfriamento da sala calculada através do software é mais alta, e nos parece mais próxima da real, pois considera todos os dias do ano em nosso clima.

Tabela 11 – Cargas térmicas edifício 4 – America Business Square

ZONE LOADS	DESIGN COOLING			DESIGN HEATING		
	COOLING DATA AT Jan 1700			HEATING DATA AT DES HTG		
	COOLING OA DB / WB 34,1 °C / 24,2 °C			HEATING OA DB / WB 4,4 °C / 0,9 °C		
	Details	Sensible (W)	Latent (W)	Details	Sensible (W)	Latent (W)
Window & Skylight Solar Loads	20 m ²	2358	-	20 m ²	-	-
Wall Transmission	1 m ²	32	-	1 m ²	32	-
Roof Transmission	0 m ²	0	-	0 m ²	0	-
Window Transmission	20 m ²	1165	-	20 m ²	2185	-
Skylight Transmission	0 m ²	0	-	0 m ²	0	-
Door Loads	0 m ²	0	-	0 m ²	0	-
Floor Transmission	0 m ²	0	-	0 m ²	0	-
Partitions	0 m ²	0	-	0 m ²	0	-
Ceiling	0 m ²	0	-	0 m ²	0	-
Overhead Lighting	810 W	624	-	0	0	-
Task Lighting	0 W	0	-	0	0	-
Electric Equipment	2000 W	1795	-	0	0	-
People	8	427	501	0	0	0
Infiltration	-	0	0	-	0	0
Miscellaneous	-	0	0	-	0	0
Safety Factor	0% / 0%	0	0	0%	0	0
>> Total Zone Loads	-	6401	501	-	2217	0
Zone Conditioning	-	6868	501	-	20	0
Plenum Wall Load	0%	0	-	0	0	-
Plenum Roof Load	0%	0	-	0	0	-
Plenum Lighting Load	0%	0	-	0	0	-
Return Fan Load	583 L/s	0	-	583 L/s	0	-
Ventilation Load	63 L/s	699	888	63 L/s	104	0
Supply Fan Load	583 L/s	108	-	583 L/s	-108	-
Space Fan Coil Fans	-	0	-	-	0	-
Duct Heat Gain / Loss	0%	0	-	0%	0	-
>> Total System Loads	-	7675	1388	-	17	0
Central Cooling Coil	-	7675	1389	-	0	0
>> Total Conditioning	-	7675	1389	-	0	0
Key:	Positive values are cig loads Negative values are htg loads			Positive values are htg loads Negative values are cig loads		

Fonte: Software E-20 (Carrier)

Na época da construção deste edifício (2001), a demanda pelos vidros refletivos já havia aumentado, além de estarem entrando no mercado nacional, produtos importados similares. Com isto, os preços se tornavam mais acessíveis, fator que acabou contribuindo para a escolha dos componentes da solução para este envidraçamento.

A solução adotada neste edifício manteve o aspecto estético desejado (refletivo bronze) apesar de tornar sua composição menos eficiente em relação à solução do edifício anterior, já que este vidro refletivo, com transmissão luminosa mais baixa, colabora para a diminuição da entrada do Visível, fazendo necessária a utilização de iluminação artificial nas salas, em várias horas do dia, como podemos constatar no local.

4.1.5 Edifício 5 – Carlos Gomes 222 (2003)

A partir de 2000, a procura por vidros mais eficientes torna-se mais objetiva e faz com que os fabricantes disponibilizem novas opções de vidros. Vidros com transmissão luminosa mais alta e até insulados, para diminuir as trocas térmicas proporcionadas por estes fechamentos, passam a ser utilizados nos edifícios comerciais. Esquadrias mais eficientes também são especificadas como as do edifício Carlos Gomes 222 (Figura 43), também localizado na III Perimetral de Porto Alegre (Figura 44) com esquadrias de PVC, com câmaras de ar e desague, garantem transmitância térmica mais baixa entre ambientes, e conseqüentemente economia na utilização do condicionamento de ar artificial. Além da esquadria, a combinação de um vidro refletivo com alta TL e um vidro verde, comprovadamente a cor mais eficiente com relação à seletividade Luz x Calor, trouxe melhores resultados ao conjunto, com relação a eficiência deste fechamento.



Figura 43 – Edifício Carlos Gomes 222

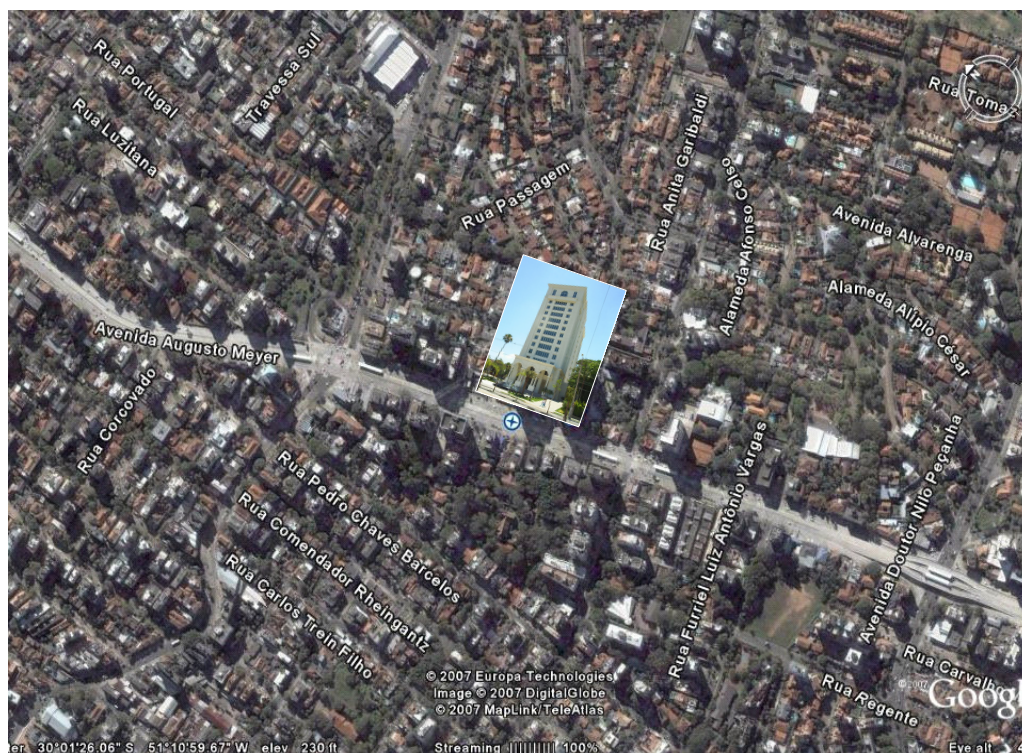


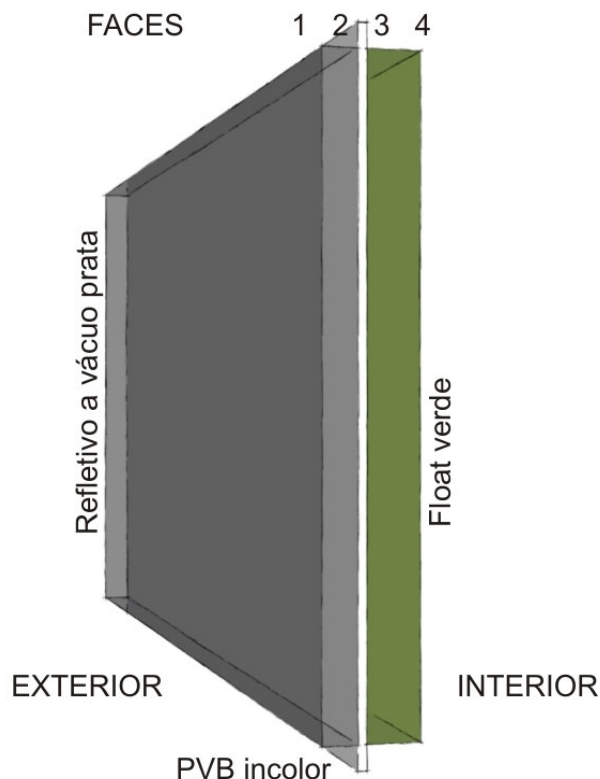
Figura 44 – Localização do Edifício Carlos Gomes 222

Fonte Google Earth

4.1.5.1 Características do Edifício Carlos Gomes 222

As características principais deste edifício são:

- **Formato em planta** – Retangular
- **Fachada principal** – Oeste
- **Número de pavimentos** – 13
- **Número de salas/ pavimento** – 2
- **Sistema de Ar condicionado**
- **Sistema caixilhos** – Convencionais de PVC
- **Vidros** - Cool lite (Cebrace) cristal refletivo a vácuo, prata neutro 140 4mm (metalização na face 2) + PVB incolor+ Cristal verde 6mm (Figura 45)



Figuras 45 – Edifício Carlos Gomes 222 – Corte esquemático da composição dos vidros

4.1.5.2 Cálculo das cargas térmicas para aquecimento e resfriamento das salas do Edifício Carlos Gomes 222

- Carga térmica para aquecimento das salas: **$Q_a = U_{inv} \times A \times \Delta t$**

$$Q_a = 6,24 \text{ W/m}^2\text{°C} \times 62\text{m}^2 \times (22\text{°C} - 6\text{°C}) = 6963,84 \text{ W} = 112,32 \text{ W/ m}^2$$

- Carga térmica para resfriamento das salas: **$Q_r = Q_{vc} + Q_{vi}$**

a) **$Q_{vc} = U_{verão} \times A \times (t_{eh} - t_i)$**

$$= 6,21 \text{ W/m}^2\text{°C} \times 62 \text{ m}^2 \times (33,5\text{°C} - 0,10 \times 9,5\text{°C}) - 24\text{°C}$$

$$= 3291,92 \text{ W} = 53,09 \text{ W/ m}^2$$

$$b) \quad Q_{vi} = FGCS \times A \times Cs \times FCR$$

$$= 691 \text{ W/m}^2\text{C} \times 62\text{m}^2 \times 0,42 \times 0,56 = 10076,42 \text{ W} = 162,52 \text{ W/ m}^2$$

$$Q_r = Q_{vc} + Q_{vi} = 215,61 \text{ W/ m}^2$$

Conforme o software E-20 (Tabela 12):

- Carga térmica para aquecimento das salas: $6481\text{W} / 62\text{m}^2 = 105 \text{ W/ m}^2$
- Carga térmica para resfriamento das salas: $8172 + 3456 \text{ W} / 62 \text{ m}^2 = 188 \text{ W/ m}^2$

Tabela 12 – Cargas térmicas edifício 5 – Carlos Gomes 222

	DESIGN COOLING			DESIGN HEATING		
	COOLING DATA AT Jan 1700 COOLING OA DB / WB 34,1 °C / 24,2 °C			HEATING DATA AT DES HTG HEATING OA DB / WB 4,4 °C / 0,9 °C		
ZONE LOADS	Details	Sensible (W)	Latent (W)	Details	Sensible (W)	Latent (W)
Window & Skylight Solar Loads	59 m ²	8172	-	59 m ²	-	-
Wall Transmission	2 m ²	66	-	2 m ²	67	-
Roof Transmission	0 m ²	0	-	0 m ²	0	-
Window Transmission	59 m ²	3456	-	59 m ²	6481	-
Skylight Transmission	0 m ²	0	-	0 m ²	0	-
Door Loads	0 m ²	0	-	0 m ²	0	-
Floor Transmission	0 m ²	0	-	0 m ²	0	-
Partitions	0 m ²	0	-	0 m ²	0	-
Ceiling	0 m ²	0	-	0 m ²	0	-
Overhead Lighting	6885 W	5305	-	0	0	-
Task Lighting	0 W	0	-	0	0	-
Electric Equipment	17000 W	15260	-	0	0	-
People	71	3629	4256	0	0	0
Infiltration	-	0	0	-	0	0
Miscellaneous	-	0	0	-	0	0
Safety Factor	0% / 0%	0	0	0%	0	0
>> Total Zone Loads	-	35888	4256	-	6548	0
Zone Conditioning	-	38698	4256	-	-1169	0
Plenum Wall Load	0%	0	-	0	0	-
Plenum Roof Load	0%	0	-	0	0	-
Plenum Lighting Load	0%	0	-	0	0	-
Return Fan Load	3268 L/s	0	-	3268 L/s	0	-
Ventilation Load	531 L/s	5810	7141	531 L/s	1825	0
Supply Fan Load	3268 L/s	605	-	3268 L/s	-605	-
Space Fan Coil Fans	-	0	-	-	0	-
Duct Heat Gain / Loss	0%	0	-	0%	0	-
>> Total System Loads	-	45113	11397	-	50	0
Central Cooling Coil	-	45113	11398	-	0	0
>> Total Conditioning	-	45113	11398	-	0	0
Key:	Positive values are clg loads Negative values are htg loads			Positive values are htg loads Negative values are clg loads		

Fonte: Software E-20 (Carrier)

O Carlos Gomes 222, foi uma das primeiras obras de Porto Alegre a utilizar vidros refletivos com transmissão luminosa bastante alta, produzidos a partir deste período pelo fabricante em função da busca por vidros do tipo baixo emissivos pelos projetistas. Buscava-se solução com vidros que pudessem colaborar no controle das trocas térmicas entre exterior e interior do edifício sem diminuir a entrada do visível.

Observa-se pelo estilo arquitetônico (neoclássico) do edifício, também uma busca por solução de fechamento mais adequado ao nosso clima, principalmente nos períodos quentes, deixando o vidro com responsabilidade menor com relação à questão térmica, já que foram utilizadas esquadrias de PVC, mais eficientes para este fim. Mesmo com as cargas térmicas altas transmitidas pelo vidro, encontrou-se a eficiência através da composição com os demais componentes da fachada

Para dimensionamento do equipamento de ar condicionado central e, considerando a utilização do mesmo, a solução encontrada com fechamentos transparentes e opacos obteve o resultado eficiente e econômico esperado. Conforme o proprietário, o Carlos Gomes 222 enquadra-se no conceito “triple A”, que engloba empreendimentos de altíssimo padrão, com tecnologia de última geração e a preocupação com o conforto aos seus usuários.

4.1.6 Edifício 6 – Centro Empresarial Eolis (2005)

Em 2006, o fabricante de vidros no Brasil e também fabricantes de vidros importados, passaram a disponibilizar vidros refletivos com baixíssima reflexão e alta transmissão de luz, com performances semelhantes aos vidros de baixa emissividade, como os vidros utilizados no Edifício Centro Empresarial Eolis (Figura 46), onde houve a preocupação em realizar investimentos que durante a vida útil do empreendimento retornassem através de um funcionamento eficiente e econômico, conforme projetistas e proprietário.



Figura 46 – Edifício Centro Empresarial Eolis

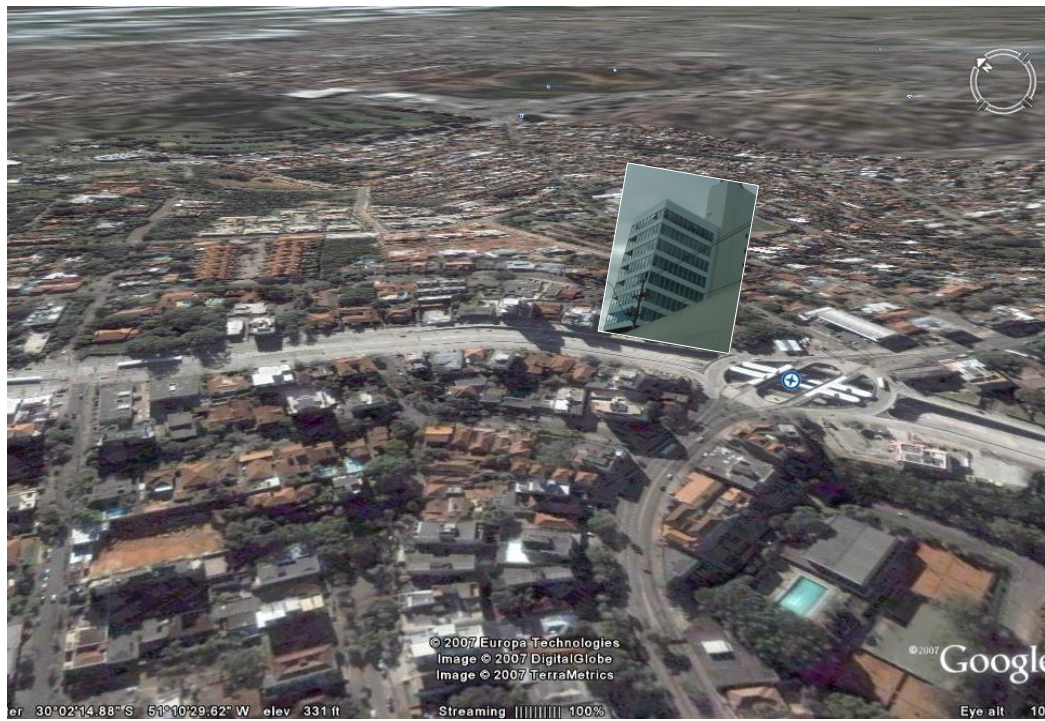
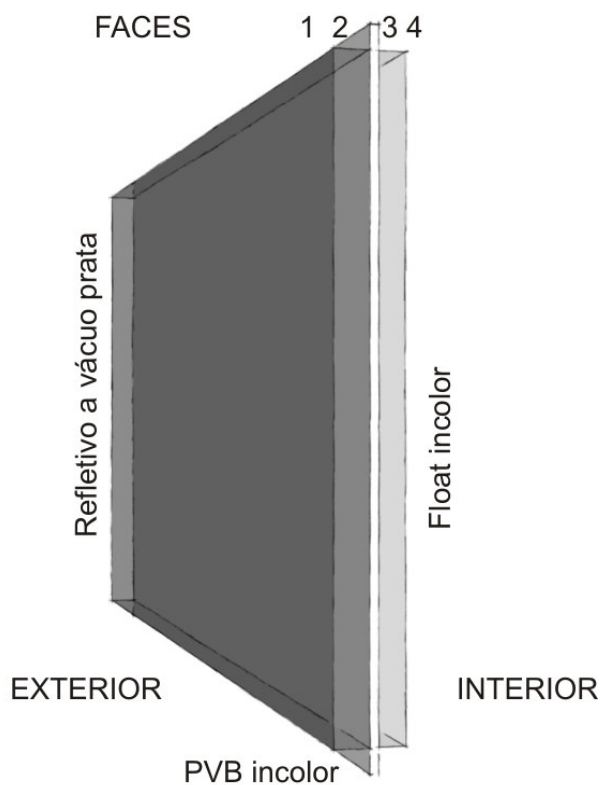


Figura 47 – Localização Edifício Centro Empresarial Eolis
Fonte Google Earth

4.1.6.1 Características do Edifício Centro Empresarial Eolis

As características principais deste edifício são:

- **Formato em planta** – Retangular
- **Fachada principal** – Oeste
- **Número de pavimentos** – 13
- **Número de salas/ pavimento** – 2
- **Sistema de Ar condicionado**
- **Sistema caixilhos** – Pele de Vidro
- **Vidros** - Cool lite (Cebrace) cristal refletivo a vácuo prata neutro 150 4mm (metalização na face 2) + PVB incolor + Cristal incolor 3mm (Figura 48)



Figuras 48 – Edifício Centro Empresarial Eolis – Corte esquemático da composição dos vidros

4.1.6.2 Cálculo das cargas térmicas para aquecimento e resfriamento das salas do Edifício Centro Empresarial Eolis

- Carga térmica para aquecimento das salas: **$Q_a = U_{inv} \times A \times \Delta t$**

$$Q_a = 6,36 \text{ W/m}^2\text{C} \times 33\text{m}^2 \times (22^\circ\text{C} - 6^\circ\text{C}) = 3778,84 \text{ W} = \mathbf{114,48 \text{ W/ m}^2}$$

- Carga térmica para resfriamento das salas: **$Q_r = Q_{vc} + Q_{vi}$**

a) **$Q_{vc} = U_{verão} \times A \times (t_{eh} - t_i)$**

$$= 6,20 \text{ W/m}^2\text{C} \times 33 \text{ m}^2 \times (33,5^\circ\text{C} - 0,10 \times 9,5^\circ\text{C}) - 24^\circ\text{C}$$

$$= 1749,33 \text{ W} = 53,01 \text{ W/ m}^2$$

b) **$Q_{vi} = FGCS \times A \times C_s \times FCR$**

$$= 691 \text{ W/m}^2\text{C} \times 33\text{m}^2 \times 0,61 \times 0,56 = 7789,50 \text{ W} = 236,04 \text{ W/ m}^2$$

$$Q_r = Q_{vc} + Q_{vi} = \mathbf{289,05 \text{ W/ m}^2}$$

Conforme o software E-20 (Tabela 13):

- Carga térmica para aquecimento das salas: $3472\text{W}/ 33\text{m}^2 = \mathbf{105 \text{ W/ m}^2}$
- Carga térmica para resfriamento das salas: $6368 + 1852 \text{ W}/ 33 \text{ m}^2 = \mathbf{249 \text{ W/ m}^2}$

Tabela 13 – Cargas térmicas edifício 6 – Centro Empresarial Eolis

	DESIGN COOLING			DESIGN HEATING		
	COOLING DATA AT Jan 1700			HEATING DATA AT DES HTG		
	COOLING OA DB / WB 34,1 °C / 24,2 °C			HEATING OA DB / WB 4,4 °C / 0,9 °C		
ZONE LOADS	Details	Sensible (W)	Latent (W)	Details	Sensible (W)	Latent (W)
Window & Skylight Solar Loads	32 m²	6368	-	32 m²	-	-
Wall Transmission	1 m²	35	-	1 m²	36	-
Roof Transmission	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Window Transmission	32 m²	1852	-	32 m²	3472	-
Skylight Transmission	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Door Loads	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Floor Transmission	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Partitions	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Ceiling	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Overhead Lighting	2025 W	1560	-	0	0	-
Task Lighting	0 W	0	-	0	0	-
Electric Equipment	5000 W	4488	-	0	0	-
People	21	1067	1252	0	0	0
Infiltration	-	0	0	-	0	0
Miscellaneous	-	0	0	-	0	0
Safety Factor	0% / 0%	0	0	0%	0	0
>> Total Zone Loads	-	15371	1252	-	3508	0
Zone Conditioning	-	16789	1252	-	-107	0
Plenum Wall Load	0%	0	-	0	0	-
Plenum Roof Load	0%	0	-	0	0	-
Plenum Lighting Load	0%	0	-	0	0	-
Return Fan Load	1400 L/s	0	-	1400 L/s	0	-
Ventilation Load	156 L/s	1732	2245	156 L/s	394	0
Supply Fan Load	1400 L/s	259	-	1400 L/s	-259	-
Space Fan Coil Fans	-	0	-	-	0	-
Duct Heat Gain / Loss	0%	0	-	0%	0	-
>> Total System Loads	-	18780	3497	-	28	0
Central Cooling Coil	-	18780	3498	-	0	0
>> Total Conditioning	-	18780	3498	-	0	0
Key:	Positive values are clg loads Negative values are htg loads			Positive values are htg loads Negative values are clg loads		

Fonte: Software E-20 (Carrier)

Os materiais utilizados na fachada deste edifício: granito e alumínio composto brancos e os vidros laminados refletivos de baixa reflexão e alta transmissão luminosa, fazem parte de uma estratégia de projeto para proteger as fachadas da incidência solar, baixando o grau de absorção e transmissão de calor. O sistema de ventilação cruzada natural para as três fachadas e brises metálicos foram incorporados para reduzir o consumo de energia e amenizar o efeito estufa, conforme os projetistas.

Por outro lado, o aspecto visual é o de uma fachada com vidros comuns incolores, por onde se pode ver o interior das salas, caso as cortinas não estejam fechadas. Esta situação não acontece em edifícios com vidros de reflexão mais intensa, principalmente durante o dia, quando a iluminação externa é mais intensa que a interna, oferecendo esteticamente um aspecto homogêneo.

O projeto do Centro Empresarial Eolis foi pioneiro em Porto Alegre no uso de energia eólica em construções urbanas no Brasil e deve gerar conforme seus projetistas, parte dos recursos utilizados através de sistemas e tecnologias relacionados ao aproveitamento da ventilação e luz naturais e água das chuvas. Um gerador eólico foi instalado no topo do edifício, gerando uma reserva elétrica complementar que gera 20% da energia a ser consumida nas áreas comuns do empreendimento, conforme o proprietário.

4.1.7 Edifício 7 – CIEE-RS (2008)

Em 2008, além da preocupação com o controle da entrada da radiação solar, através dos vidros refletivos, fica evidente a preocupação com as perdas térmicas através das fachadas envidraçadas, como foi estudado no Edifício CIEE-RS (Figura 49) na Avenida Dom Pedro I em Porto Alegre (Figura 50). Optou-se por vidros duplos e laminados refletivos com massa verde já que pela sua própria pigmentação, o vidro verde diminui a transmissão do infravermelho curto com aumento de transmissão da parcela visível da radiação.

Vidros comuns, e até laminados, tem alta transmitância térmica (U), já o vidro duplo ou insulado nos oferecem uma redução significativa de U e da troca de calor por condução. Materiais de baixa permeabilidade, como o vidro facilitam a condensação quando se dão grandes diferenças de temperaturas (externa e interna), assim a utilização de vidros duplos colaborou também para diminuir a possibilidade de condensação da umidade do ar sobre sua superfície.



Figura 49 – Edifício CIEE-RS

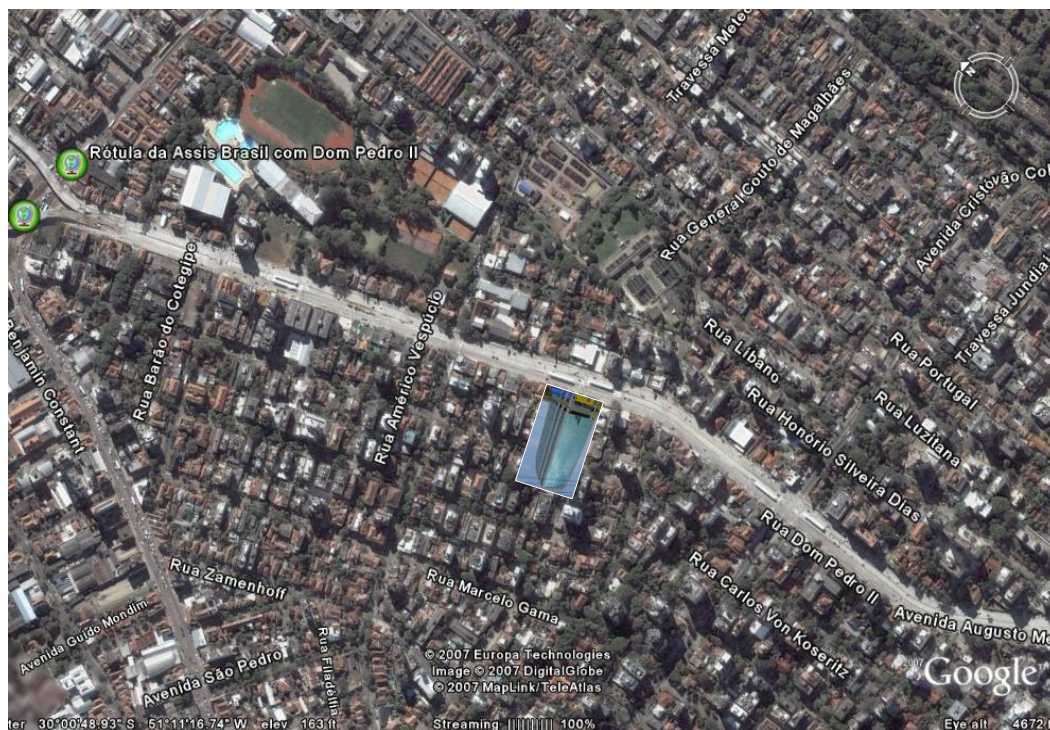


Figura 50 – Localização Edifício CIEE-RS
Fonte Google Earth

4.1.7.1 Características do Edifício CIEE-RS

As características principais deste edifício são:

- **Formato em planta** – Retangular
- **Fachada principal** – Leste
- **Número de pavimentos** – 15
- **Número de salas/ pavimento** – “Lay out” a ser definido
- **Sistema de Ar condicionado**
- **Sistema caixilhos** – Pele de Vidro
- **Vidros** - Cool lite (Cebrace) cristal refletivo a vácuo, 130 VI 4mm (metalização face 3) + PVB incolor + Cristal incolor 4mm + Câmara de ar 10mm + float incolor 6mm (Figura 51)

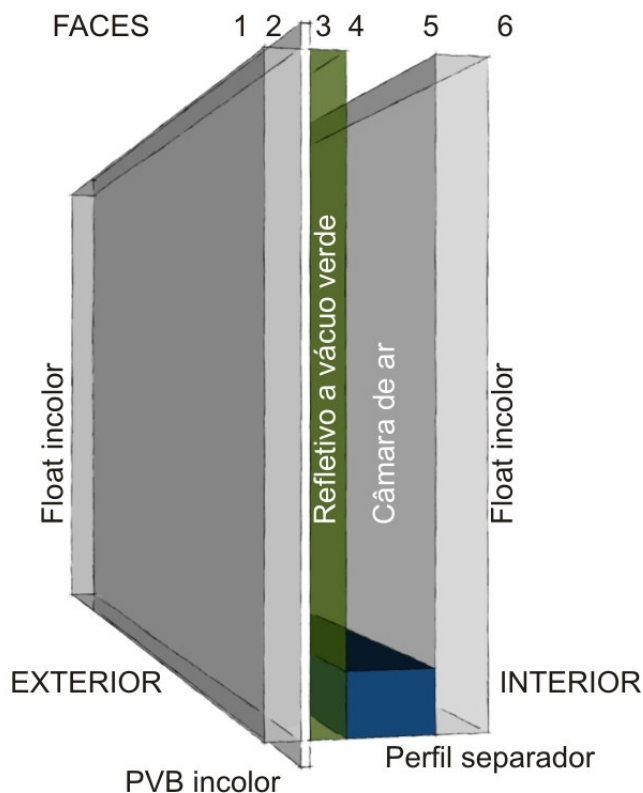


Figura 51 – Edifício CIEE-RS – Corte esquemático da composição dos vidros

4.1.7.2 Cálculo das cargas térmicas para aquecimento e resfriamento das salas do Edifício CIEE-RS

- Carga térmica para aquecimento das salas: **$Q_a = U_{inv} \times A \times \Delta t$**

$$Q_a = 2,89 \text{ W/m}^2\text{C} \times 58\text{m}^2 \times (22^\circ\text{C} - 6^\circ\text{C}) = 3017,16\text{W} = \mathbf{52,02 \text{ W/ m}^2}$$

- Carga térmica para resfriamento das salas: **$Q_r = Q_{vc} + Q_{vi}$**

a) **$Q_{vc} = U_{verão} \times A \times (t_{eh} - t_i)$**

$$= 3,18 \text{ W/m}^2\text{C} \times 58\text{m}^2 \times (33,5^\circ\text{C} - 0,56 \times 9,5^\circ\text{C}) - 24^\circ\text{C}$$

$$= 770,95 \text{ W} = \mathbf{13,29 \text{ W/ m}^2}$$

b) **$Q_{vi} = FGCS \times A \times C_s \times FCR$**

$$= 691 \text{ W/m}^2\text{C} \times 58\text{m}^2 \times 0,36 \times 0,51 = 7358,32 = \mathbf{126,86 \text{ W/ m}^2}$$

$$Q_r = Q_{vc} + Q_{vi} = \mathbf{140,15 \text{ W/ m}^2}$$

Conforme o software E-20 (Tabela 14):

- Carga térmica para aquecimento das salas: $3125\text{W} / 58\text{m}^2 = \mathbf{54 \text{ W/ m}^2}$
- Carga térmica para resfriamento das salas: $4097 + 1744 \text{ W} / 58 \text{ m}^2 = \mathbf{101\text{W/ m}^2}$

Tabela 14 – Cargas térmicas edifício 7 – CIEE RS

ZONE LOADS	DESIGN COOLING			DESIGN HEATING		
	COOLING DATA AT Jan 1500			HEATING DATA AT DES HTG		
	COOLING OA DB / WB 35,0 °C / 24,4 °C			HEATING OA DB / WB 4,4 °C / 0,9 °C		
	Details	Sensible (W)	Latent (W)	Details	Sensible (W)	Latent (W)
Window & Skylight Solar Loads	56 m²	4097	-	56 m²	-	-
Wall Transmission	2 m²	72	-	2 m²	66	-
Roof Transmission	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Window Transmission	56 m²	1744	-	56 m²	3125	-
Skylight Transmission	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Door Loads	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Floor Transmission	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Partitions	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Ceiling	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Overhead Lighting	6156 W	4538	-	0	0	-
Task Lighting	0 W	0	-	0	0	-
Electric Equipment	15200 W	13418	-	0	0	-
People	63	3055	3805	0	0	0
Infiltration	-	0	0	-	0	0
Miscellaneous	-	0	0	-	0	0
Safety Factor	0% / 0%	0	0	0%	0	0
>> Total Zone Loads	-	26923	3805	-	3191	0
Zone Conditioning	-	30750	3805	-	-1557	0
Plenum Wall Load	0%	0	-	0	0	-
Plenum Roof Load	0%	0	-	0	0	-
Plenum Lighting Load	0%	0	-	0	0	-
Return Fan Load	2461 L/s	0	-	2461 L/s	0	-
Ventilation Load	475 L/s	5774	6858	475 L/s	2060	0
Supply Fan Load	2461 L/s	456	-	2461 L/s	-456	-
Space Fan Coil Fans	-	0	-	-	0	-
Duct Heat Gain / Loss	0%	0	-	0%	0	-
>> Total System Loads	-	36980	10663	-	47	0
Central Cooling Coil	-	36981	10663	-	0	0
>> Total Conditioning	-	36981	10663	-	0	0
Key:	Positive values are cig loads Negative values are htg loads			Positive values are htg loads Negative values are cig loads		

Fonte: Software E-20 (Carrier)

A escolha da solução para este projeto, levou em consideração o balanço desejável entre a transmissão de luz e o bloqueio de calor, o aspecto arquitetônico desejado e o custo em relação ao retorno do investimento pela especificação desta solução para o envidraçamento, com PVB incolor.

O vidro foi laminado com PVB opaco nas frentes das lajes e vigas para esconder a estrutura, e marcar linhas horizontais, diferente da especificação original de todos os demais vãos.

Acredita-se que, com esta solução obteve-se excelentes resultados com relação à economia de energia e controle da luminosidade, já que foram utilizadas também cortinas internas tipo “telas solares” da Hunter Douglas, para colaborar com este fim.

4.1.8 Edifício com vidros comuns incolores 3mm (fachada Leste)

Para servir de parâmetro em relação às outras salas considerou-se as características de uma sala com área envidraçada de 20m² orientada para Leste, com vidros comuns incolores 3mm (Figura 52)

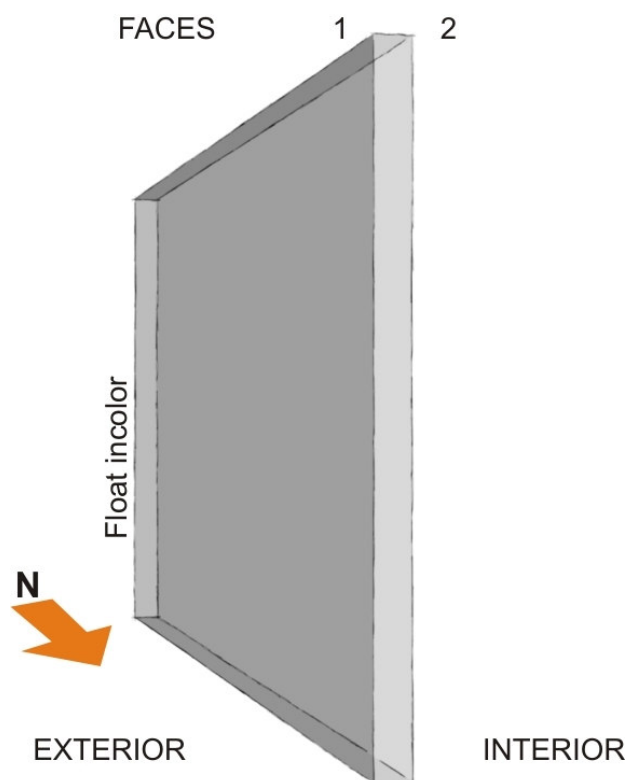


Figura 52 – Corte esquemático vidros fachada Leste

4.1.8.1 Cálculo das cargas térmicas para aquecimento e resfriamento das salas do edifício

- Carga térmica para aquecimento das salas: $Q_a = U_{inv} \times A \times \Delta t$
 $Q_a = 5,80 \text{ W/m}^2\text{C} \times \text{Área} \times (22^\circ\text{C} - 6^\circ\text{C}) = 104,40 \text{ W/ m}^2$
- Carga térmica para resfriamento das salas: $Q_r = Q_{vc} + Q_{vi}$

$$a) Q_{vc} = U_{\text{verão}} \times A \times (t_{eh} - t_i)$$

$$= 5,80 \text{ W/m}^2\text{C} \times \text{Área} \times (33,5^\circ\text{C} - 0,56 \times 9,5^\circ\text{C}) - 24^\circ\text{C}$$

$$= 24,24 \text{ W/ m}^2$$

$$b) Q_{vi} = FGCS \times A \times Cs \times FCR$$

$$= 691 \text{ W/m}^2\text{C} \times \text{Área} \times 1 \times 0,51 = 352,41 \text{ W/ m}^2$$

$$Q_r = Q_{vc} + Q_{vi} = 376,65 \text{ W/ m}^2$$

Conforme software E-20 (Tabela 15):

- Carga térmica para aquecimento das salas: 2430 W/ 21m² = **116 W/ m²**
- Carga térmica para resfriamento das salas: 5216 + 668W/ 21m² = **280 W/ m²**

Tabela 15 – Cargas térmicas em um edifício com vidros incolores 3mm fachada Leste

ZONE LOADS	DESIGN COOLING			DESIGN HEATING		
	COOLING DATA AT Jan 0900			HEATING DATA AT DES HTG		
	COOLING OA DB / WB 28,3 °C / 22,6 °C			HEATING OA DB / WB 4,4 °C / 0,9 °C		
	Details	Sensible (W)	Latent (W)	Details	Sensible (W)	Latent (W)
Window & Skylight Solar Loads	20 m ²	5216	-	20 m ²	-	-
Wall Transmission	1 m ²	18	-	1 m ²	32	-
Roof Transmission	0 m ²	0	-	0 m ²	0	-
Window Transmission	20 m ²	668	-	20 m ²	2430	-
Skylight Transmission	0 m ²	0	-	0 m ²	0	-
Door Loads	0 m ²	0	-	0 m ²	0	-
Floor Transmission	0 m ²	0	-	0 m ²	0	-
Partitions	0 m ²	0	-	0 m ²	0	-
Ceiling	0 m ²	0	-	0 m ²	0	-
Overhead Lighting	810 W	524	-	0	0	-
Task Lighting	0 W	0	-	0	0	-
Electric Equipment	2000 W	1684	-	0	0	-
People	8	334	501	0	0	0
Infiltration	-	0	0	-	0	0
Miscellaneous	-	0	0	-	0	0
Safety Factor	0% / 0%	0	0	0%	0	0
>> Total Zone Loads	-	8445	501	-	2463	0
Zone Conditioning	-	10710	501	-	33	0
Plenum Wall Load	0%	0	-	0	0	-
Plenum Roof Load	0%	0	-	0	0	-
Plenum Lighting Load	0%	0	-	0	0	-
Return Fan Load	779 L/s	0	-	779 L/s	0	-
Ventilation Load	63 L/s	185	987	63 L/s	103	0
Supply Fan Load	779 L/s	144	-	779 L/s	-144	-
Space Fan Coil Fans	-	0	-	-	0	-
Duct Heat Gain / Loss	0%	0	-	0%	0	-
>> Total System Loads	-	11039	1488	-	-8	0
Central Cooling Coil	-	11039	1488	-	0	0
>> Total Conditioning	-	11039	1488	-	0	0
Key:	Positive values are ckg loads Negative values are htg loads			Positive values are htg loads Negative values are ckg loads		

Fonte: Software E-20 (Carrier)

4.1.9 Edifício com vidros comuns incolores 3mm (fachada Oeste)

Também para servir de parâmetro em relação às outras salas considerou-se as características de uma sala com área envidraçada de 20m² orientada para Oeste, com vidros comuns incolores 3mm (Figura 53).

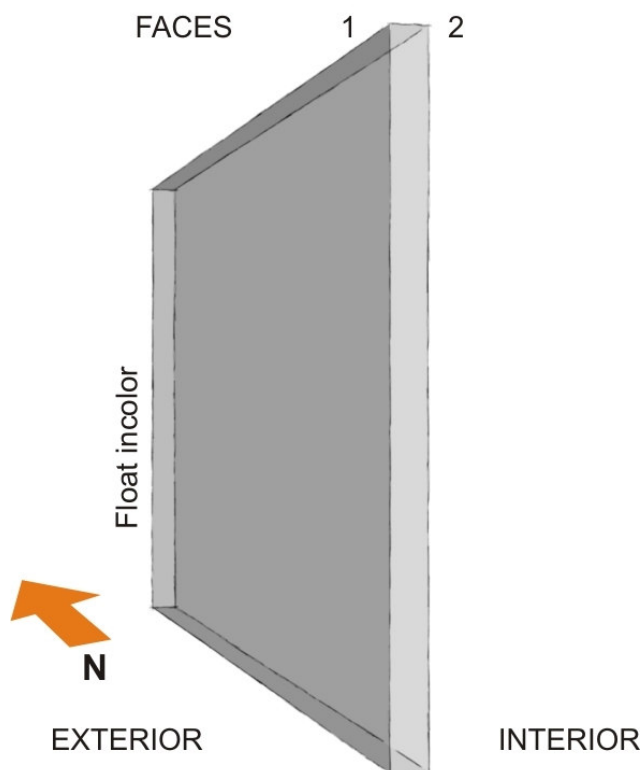


Figura 53 – Corte esquemático vidros fachada Oeste

4.1.9.1 Cálculo das cargas térmicas para aquecimento e resfriamento das salas do edifício.

- Carga térmica para aquecimento das salas: $Q_a = U_{inv} \times A \times \Delta t$
 $Q_a = 5,80 \text{ W/m}^2\text{C} \times \text{Área} \times (22^\circ\text{C} - 6^\circ\text{C}) = 104,40 \text{ W/ m}^2$
- Carga térmica para resfriamento das salas: $Q_r = Q_{vc} + Q_{vi}$

$$a) Q_{vc} = U_{\text{verão}} \times A \times (t_{eh} - t_i)$$

$$= 5,80 \text{ W/m}^2\text{C} \times \text{Área} \times (33,5^\circ\text{C} - 0,10 \times 9,5^\circ\text{C}) - 24^\circ\text{C}$$

$$= 24,24 \text{ W/ m}^2$$

$$b) Q_{vi} = FGCS \times A \times C_s \times FCR$$

$$= 691 \text{ W/m}^2\text{C} \times \text{Área} \times 1 \times 0,56 = 386,96\text{W/ m}^2$$

$$Q_r = Q_{vc} + Q_{vi} = 411,20 \text{ W/ m}^2$$

Conforme software E-20 (Tabela 16):

- Carga térmica para aquecimento das salas: $2430 \text{ W/ } 21\text{m}^2 = 116 \text{ W/ m}^2$
- Carga térmica para resfriamento das salas: $5869+1219\text{W/ } 21\text{m}^2 = 338 \text{ W/ m}^2$

Tabela 16 – Cargas térmicas em um edifício com vidros incolores 3mm fachada Oeste

	DESIGN COOLING			DESIGN HEATING		
	COOLING DATA AT Dec 1700 COOLING OA DB / WB 33,5 °C / 24,2 °C			HEATING DATA AT DES HTG HEATING OA DB / WB 4,4 °C / 0,9 °C		
ZONE LOADS	Details	Sensible (W)	Latent (W)	Details	Sensible (W)	Latent (W)
Window & Skylight Solar Loads	20 m²	5869	-	20 m²	-	-
Wall Transmission	1 m²	32	-	1 m²	32	-
Roof Transmission	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Window Transmission	20 m²	1219	-	20 m²	2430	-
Skylight Transmission	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Door Loads	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Floor Transmission	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Partitions	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Ceiling	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Overhead Lighting	810 W	624	-	0	0	-
Task Lighting	0 W	0	-	0	0	-
Electric Equipment	2000 W	1795	-	0	0	-
People	8	427	501	0	0	0
Infiltration	-	0	0	-	0	0
Miscellaneous	-	0	0	-	0	0
Safety Factor	0% / 0%	0	0	0%	0	0
>> Total Zone Loads	-	9966	501	-	2463	0
Zone Conditioning	-	10895	501	-	40	0
Plenum Wall Load	0%	0	-	0	0	-
Plenum Roof Load	0%	0	-	0	0	-
Plenum Lighting Load	0%	0	-	0	0	-
Return Fan Load	912 L/s	0	-	912 L/s	0	-
Ventilation Load	63 L/s	656	966	63 L/s	110	0
Supply Fan Load	912 L/s	169	-	912 L/s	-169	-
Space Fan Coil Fans	-	0	-	-	0	-
Duct Heat Gain / Loss	0%	0	-	0%	0	-
>> Total System Loads	-	11720	1467	-	-18	0
Central Cooling Coil	-	11720	1467	-	0	0
>> Total Conditioning	-	11720	1467	-	0	0
Key:	Positive values are clg loads Negative values are htg loads			Positive values are htg loads Negative values are clg loads		

Fonte: Software E-20 (Carrier)

4.2 Resumo das tipologias e cargas térmicas dos edifícios analisados

Tabela 17 – Características e cargas térmicas das salas dos edifícios

	Sala c/vidro comum - Fachada Leste	Sala c/vidro comum - Fachada Oeste	Sala c/vidro Ed1 (1994) - Fachada Leste	Sala c/vidro Ed2 (1996) - Fachada Leste	Sala c/vidro Ed3 (1999) - Fachada Oeste	Sala c/vidro Ed4 (2001) - Fachada Oeste	Sala c/vidro Ed5 (2003) - Fachada Oeste	Sala c/vidro Ed6 (2005) - Fachada Oeste	Sala c/vidro Ed7 (2008) - Fachada Leste
Dados CALUMEN (Software Saint Gobain)									
Fator Solar (%)	90	90	24	28	31	20	36	53	31
Coefficiente de Sombra	1	1	0,28	0,32	0,36	0,24	0,42	0,61	0,36
Valor U inverno (W/m ² °C)	5,8	5,8	6,32	6,32	6,32	6,32	6,24	6,36	2,89
Valor U verão (W/m ² °C)	5,8	5,8	6,3	6,26	6,22	6,17	6,21	6,2	3,18
Dados E-20 (Software Carrier)									
Energia para resfriar (W/ m2)	280	337	132	144	156	136	176	235	135
Energia para aquecer (W/ m2)	122	116	111	110	110	110	109	109	56
Dados CALCULADOS (pior situação inverno e verão)									
Energia para resfriar (W/ m2)	377	411	125	139	192	142	216	289	140
Energia para aquecer (W/ m2)	104	104	114	114	114	114	112	114	52

Analisando os dados acima e considerando a Carta bioclimática com as estratégias indicadas para Porto Alegre (Lamberts, 1997), observa-se que durante o ano temos desconforto por calor em 94 dias (25,9% do ano) quando se faz necessário resfriar as salas, e em 188 dias (51,6% do ano) por frio, quando se faz necessário aquecer estas salas. Assim, podemos estimar o consumo anual de energia das salas dos edifícios analisados, para obter este conforto, conforme Tabela 18. Para isto, multiplicamos a energia necessária para resfriar e aquecer calculadas pelo E-20 pela quantidade de dias de desconforto.

Ex: A sala com vidros comuns incolores (Fachada Leste) analisada resultou em 280 W/ m² (Tabela 17) de área para resfriar. Este valor multiplicado pelos 94 dias de desconforto no verão, resulta em 26.320 W/ m² de consumo anual de energia. Já no inverno, esta mesma sala necessita de carga de 122W/ m² para aquecê-la. Este valor multiplicado pela quantidade de dias de desconforto por frio durante o ano (188), resulta em 22.936 W/m². Assim, pode se estimar que em uma sala envidraçada com vidros comuns incolores sem proteção, orientada para o Leste, o consumo anual de energia para mantê-la confortável através do condicionamento do ar é de 49.256 W/ m².

Desta maneira comprova-se claramente os benefícios que as diversas soluções de vidros podem oferecer em relação à economia na utilização da energia elétrica para o condicionamento do ar.

Tabela 18 – Consumo anual de energia pelas salas dos edifícios analisados

	Sala c/vidro comum - Fachada Leste	Sala c/vidro comum - Fachada Oeste	Sala c/vidro Ed1 (1994) - Fachada Leste	Sala c/vidro Ed2 (1996) - Fachada Leste	Sala c/vidro Ed3 (1999) - Fachada Oeste	Sala c/vidro Ed4 (2001) - Fachada Oeste	Sala c/vidro Ed5 (2003) - Fachada Oeste	Sala c/vidro Ed6 (2005) - Fachada Oeste	Sala c/vidro Ed7 (2008) - Fachada Leste
94 dias/ano para resfriar (W/ m ²)	26.320	31.678	12.408	13.536	14.664	12.784	16.544	22.090	12.690
188 dias/ano para aquecer (W/ m ²)	22.936	21.808	20.868	20.680	20.680	20.680	20.492	20.492	10.528
Energia gasta para AC (W/ m ² / ano)	49.256	53.486	33.276	34.216	35.344	33.464	37.036	42.582	23.218

4.2.1 Consumo anual de energia das salas dos edifícios analisados

Através do gráfico da Figura 54 se verifica e compara o consumo anual de energia para o condicionamento do ar das salas dos edifícios analisados.

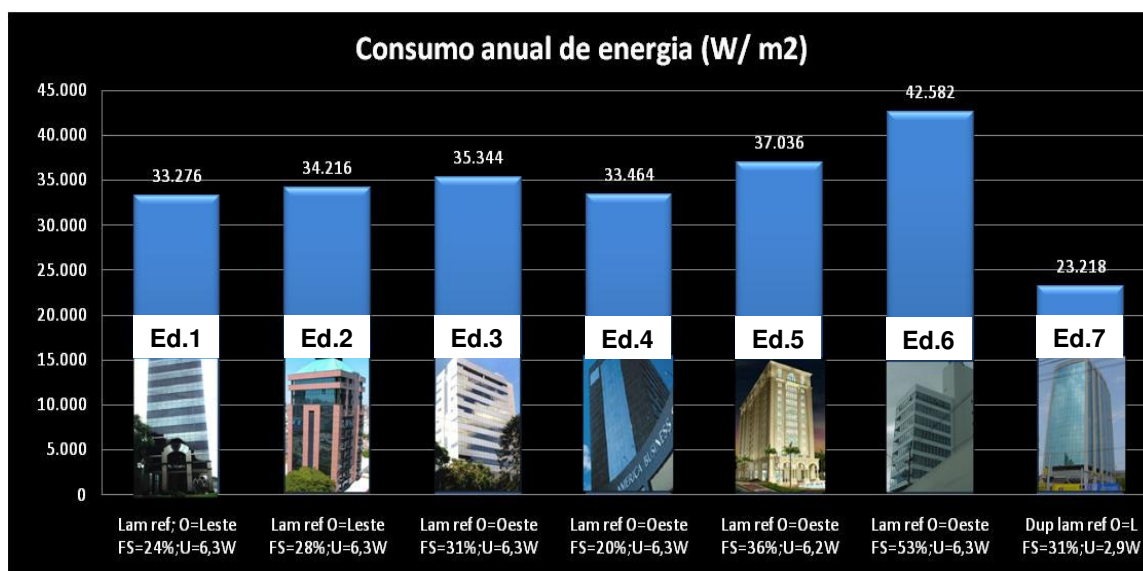


Figura 54 – Consumo anual de energia dos edifícios analisados (W/ m2)

Observa-se na cronologia dos 7 (sete) edifícios acima, analisados neste trabalho que com o passar dos anos houve uma tendência na utilização de vidros menos refletivos, com Transmissão Luminosa (TL) e Fator Solar (FS) mais altos. Considerando-se apenas o tipo de vidro utilizado na fachada das salas destes edifícios, aumentou o consumo de energia para o condicionamento do ar das salas com FS e TL mais altos.

A descontinuidade no aumento do consumo observada no Ed. 4 foi atípica. O vidro utilizado, com FS baixo já não estava mais sendo utilizado, e para esta obra houve uma oferta especial deste produto, através da fábrica.

Já no Ed. 7 o vidro laminado refletivo verde foi agregado à uma composição com vidro duplo, o que demonstra claramente a economia energética desta solução.

4.2.2 Economia de energia das salas dos edifícios analisados em relação a uma sala com vidros comuns

Nos gráficos da Figura 55 pode se verificar a economia anual de energia para o condicionamento do ar das salas dos edifícios analisados em relação a uma sala com vidros comuns incolores de 3mm, considerando as mesmas orientações solares.

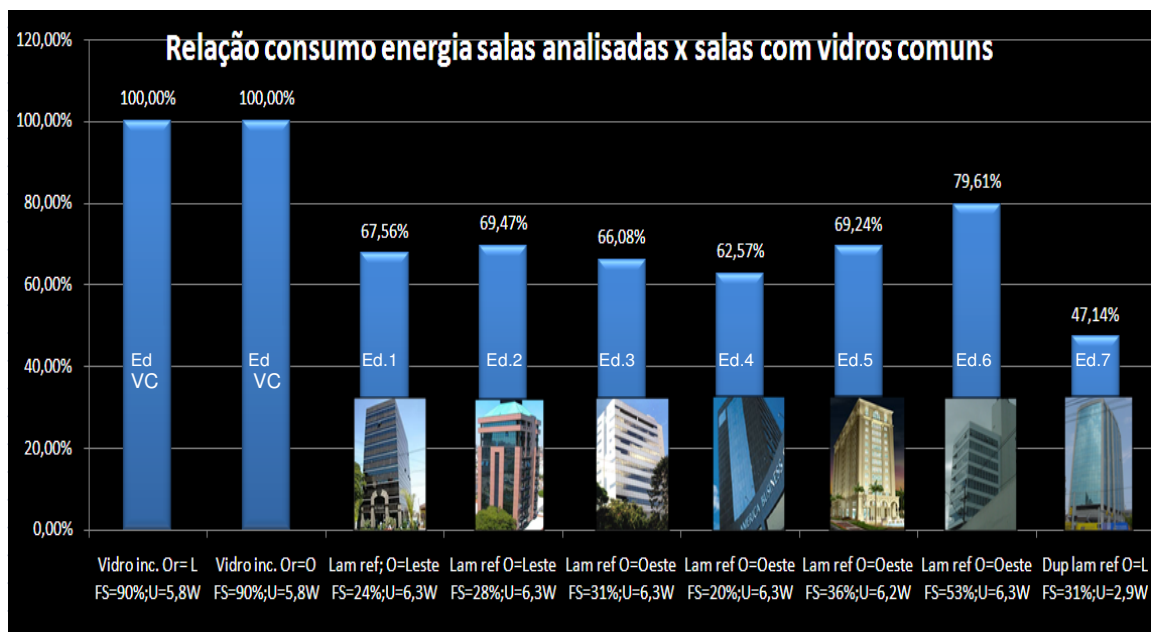


Figura 55 – Comparativo consumo anual de energia dos edifícios analisados em relação a edifícios com vidros comuns (W/ m2)

Considerando que uma sala com vidros comuns incolores consome 100% de energia, se substituirmos estes vidros por vidros com características térmicas e lumínicas diferenciadas como os vidros dos edifícios analisados, teremos economia significativa na utilização da energia elétrica para condicionamento do ar destas salas. Na sala com vidros laminados refletivos e duplos do Ed. 7, por exemplo, pode se observar economia de 47,14%, conforme a Figura 55.

5 ANÁLISE E RECOMENDAÇÕES PARA DETERMINAÇÃO DO TIPO DE VIDRO A SER USADO EM UMA FACHADA COM ALTA INCIDÊNCIA SOLAR

A variedade de vidros disponível para a utilização nos projetos, ao mesmo tempo que pode tornar uma fachada esteticamente interessante, pode também colaborar para o controle térmico e luminoso dos ambientes, através de diferentes características térmicas e lumínicas.

A escolha do tipo do vidro vai além da questão estética. Características como o Fator Solar (FS), a Transmitância Térmica (U) e a Transmissão da Radiação Visível (TL) que a composição de vidros oferece, são itens indispensáveis que se conheça para definir as cargas térmicas e para que se tenha a solução energética mais eficiente para cada projeto.

No período anterior ao desta análise, vidros coloridos eram os mais utilizados em edifícios para controlar a entrada da radiação em fachadas com alta incidência solar. Estes vidros reduzem o Fator Solar, mas apresentam a Absorção muito alta, ocasionando problemas de quebras por stress térmico e alta temperatura radiante dos vidros.

Os edifícios comerciais analisados, no período de 1994 a 2008, e selecionados como referência para sua época localizam-se na mesma avenida (III Perimetral) de Porto Alegre, sendo suas fachadas principais e envidraçadas orientadas para Leste ou Oeste, orientações solares onde temos alta incidência da radiação solar no verão e onde a solução com o envidraçamento tem uma grande influência na carga térmica e luminosa admitida para o interior destas salas.

Este trabalho não contempla edifícios com fachadas orientadas para Norte e Sul, já que estas não requerem maior preocupação em relação ao controle da radiação solar principalmente no verão em nosso clima, foco principal deste trabalho. Nas fachadas orientadas para Norte geralmente se tem entrada de luz natural e calor em quantidades satisfatórias para o ambiente de trabalho, e em fachadas orientadas para o Sul a entrada da radiação solar é reduzida. Nestas, entretanto pode se compensar a questão do conforto visual oferecido pela luz natural e também a economia de energia elétrica para a iluminação destas salas,

utilizando estratégias de projetos capazes de reorientar a luz do dia através de vidros transparentes, refletivos ou duplos com grelhas metálicas no interior da câmara de ar, estrategicamente posicionados.

5.1 Análise das características espectrofotométricas dos vidros

Analisando as características espectrofotométricas dos vidros dos edifícios analisados, pode se observar que:

- Todos os vidros dos edifícios analisados tem características térmicas e luminosas totalmente diferentes das características de um vidro comum (Tabela 1). Nos edifícios analisados predominam os vidros metalizados, laminados e, apenas no Edifício 7, foi utilizado o vidro laminado refletivo e duplo (ou insulado), todos com performances distintas.
- Conforme a ordem cronológica da construção dos edifícios analisados (do Ed. 1, construído em 1994, ao Ed. 7 construído em 2008) pode se observar que os vidros com maior Transmissão Luminosa são mais utilizados nas obras mais recentes, assim como os menos refletivos e absorventes;
- Os vidros utilizados nos edifícios mais atuais (com exceção do Ed. 7), por serem menos refletivos possibilitam maior entrada de calor e luz, e conseqüentemente maior consumo de energia para resfriar suas salas, já que estamos analisando neste trabalho, apenas as características do envidraçamento dos prédios.
- O coeficiente “U” (Transmitância térmica) só se altera significativamente quando o vidro utilizado é duplo/ insulado (no caso do Ed. 7);
- A Relação de Seletividade Luz/ Calor do envidraçamento (SLC) do Edifício 7 está mais próxima de 1. Esta relação entre a entrada da luz visível e do calor solar admitidos pelo envidraçamento serve como indicador de uma solução mais eficiente, entre as demais. Nas demais soluções observam-se maior entrada de calor em relação à entrada de luz.

5.2 Análise das cargas térmicas das salas dos edifícios

Para uniformizar o cálculo das cargas térmicas dos edifícios e comparar as performances das diferentes soluções dos envidraçamentos, considerou-se que apenas a fachada principal dos edifícios seja totalmente envidraçada, ou seja, as salas possuem três paredes opacas e uma transparente.

Tabela 19 – Cargas térmicas calculadas e dadas pelo software

Edifícios Ano Or. Solar	Carga da Área Envidraçada calculada para o RESFRIAMENTO (W/ m ²)	Carga da Área Envidraçada calculada para o AQUECIMENTO (W/ m ²)	Carga da Área Envidraçada dados software para o RESFRIAMENTO (W/ m ²)	Carga da Área Envidraçada dados software para o AQUECIMENTO (W/ m ²)
1 Sir Winston 1994 Leste	125	114	132	111
2 A. Meyer 1996 Leste	139	114	144	110
3 Quebec 1999 Oeste	192	114	156	110
4 A. B. Square 2001 Oeste	142	114	136	110
5 Carlos Gomes 222 2003 Oeste	216	112	176	109
6 Eolis 2005 Oeste	289	114	235	109
7 CIEE 2008 Leste	140	52	135	52
Ed. Vidros Comuns Inc. 3 mm (Fac. Leste)	377	104	280	122
Ed. Vidros Comuns Inc. 3 mm (Fac. Oeste)	411	104	337	116

Analisando os dados obtidos, como estamos considerando apenas a performance dos vidros da fachada do edifício neste trabalho, observou-se que a quantidade de energia necessária para resfriamento do ar das salas é maior para as salas dos edifícios mais atuais, que possuem vidros menos refletivos (principalmente nos Edifícios 5 e 6), O Edifício 7 é uma exceção entre os mais recentes, pois apesar de o vidro também ser menos refletivo que os mais antigos, a solução adotada em um laminado insulado transmite carga mais baixa através de sua fachada.

Com relação à energia para aquecimento das salas no inverno, é claro também o benefício do vidro insulado do Edifício 7, onde o coeficiente de transmitância térmica (U) é bem mais baixo que os demais, onde os vidros são apenas refletivos laminados e seus desempenhos são bem próximos.

Pode se observar também que, nos edifícios mais recentes, foram utilizadas proteções solares externas, como no caso dos brises do Edifício Eolis, e proteções solares internas, como no caso do Edifício do CIEE, com telas solares automatizadas. Estas estratégias arquitetônicas não foram consideradas no cálculo das cargas das salas, pois este trabalho prioriza a análise da performance de cada tipo de vidro.

Analisando os resultados dos cálculos das cargas térmicas transmitidas através dos fechamentos transparentes dos edifícios analisados (Tabela 19), pode se observar os dados que seguem, com relação aos vidros:

- Vidros com média reflexão são os mais indicados para uma seletividade luz/calor mais eficientes, em fachadas com alta incidência solar;
- Vidros duplos, ou insulados, diminuem a transmitância térmica (U), ou seja, as perdas de calor entre ambientes, resultando menor consumo de ar condicionado nas salas principalmente nos períodos de frio;
- Fachadas com alta incidência solar envidraçadas, com proteções solares (preferencialmente externas) tem sido a solução mais eficiente para o controle térmico e lumínico dos fechamentos transparentes dos edifícios, pois os benefícios destes elementos se somam aos benefícios do vidro.

6 CONCLUSÕES

Através dos conceitos, estudos e pesquisas aqui descritos, podemos concluir que a definição do tipo de vidro utilizado nas fachadas de prédios comerciais na cidade de Porto Alegre tem influência significativa no controle térmico das salas. Analisando a escolha do vidro, observou-se que as especificações variam conforme a época de construção em função da disponibilidade deste produto através da indústria. Observou-se uma tendência em especificar soluções “importadas”, o que certamente pode não se adaptar ao nosso clima, e em muitos casos causar problemas para o controle térmico destas salas. Importante seria que o especificador pudesse realmente conhecer os benefícios de sua especificação, com relação à melhora na eficiência energética do edifício.

As decisões com relação ao fechamento do edifício acabam interferindo no aspecto arquitetônico, nos custos do empreendimento e conseqüentemente o conforto térmico pode ser negligenciado. O projetista deve levar em conta as variáveis ambientais e pessoais do local e a disponibilidade do produto especificado no mercado para aquele projeto, na época de sua compra.

Vidros muito absorventes, além de deixar passar menos radiação, reduzem a parcela refletida. Com a alta absorção a temperatura das superfícies envidraçadas se eleva causando desconforto devido à alta temperatura radiante das mesmas. A combinação entre os percentuais de radiação transmitida, refletida e absorvida, definem o desempenho foto energético do vidro.

Pode-se considerar que o balanço ideal seja quando se tem a quantidade de transmissão de luz necessária e o bloqueio do calor máximo, para o Brasil, onde grande parte do território fica na região tropical. Apenas nas regiões sul e sudeste esta condição deve ser revista, pois nesse caso o inverno é mais rigoroso e a entrada do calor pode ser bem vinda neste período.

Observa-se nos últimos 10 anos tendência pela utilização de vidros menos refletivos, ou com reflexão mais seletiva, em função da preocupação pela maior eficiência energética. Vidros com camadas superficiais de baixa emissividade também estão sendo utilizados com o objetivo de reduzir a entrada direta da radiação solar nos edifícios, substituindo os vidros coloridos (termo absorventes) e

os refletivos. No entanto, esta característica tem importância maior quando a camada de baixa emissividade fica exposta no interior da câmara de ar de vidros duplos, pois nesse caso reduz a passagem de calor por radiação entre as lâminas de vidro.

Vidros muito absorventes (coloridos e refletivos) irradiam muito do calor absorvido para o interior do edifício, enquanto os vidros ditos refletivos reduzem muito a entrada da luz visível, sempre com percentuais bem maiores que a redução que propiciam nos ganhos de calor. Já os vidros baixo emissivos refletem menos a luz visível, limitando também a entrada do calor principalmente se forem agregados a soluções com vidros duplos ou insulados.

Muitos profissionais, por desconhecerem as características de cada tipo de vidro, optam por soluções que contemplam apenas o aspecto estético, desconhecendo que, ao escurecer do dia, os vidros com alta reflexão, passam a ser refletivos internamente. Em muitos casos, os vidros muito refletivos, apresentam também índices de reflexão interna muito altos, ou seja, quando a luz externa é mais intensa que a interna, o usuário da sala passa a se espelhar internamente, ao invés de enxergar o exterior do edifício. Vidros com massa colorida e alta reflexão são um exemplo desta situação, pois enfatizam a reflexão interna podendo alterar a cor refletida para o interior da sala.

A definição do vidro vai influenciar também no projeto e dimensionamento do equipamento de ar condicionado. As trocas térmicas consideradas em uma fachada envidraçada definem a potência do equipamento e seus custos de utilização, devendo ser analisado para isto também os coeficientes de transmitância térmica da solução adotada para o fechamento.

Vidros insulados com um dos componentes refletivos com alta emissividade oferecem melhores desempenhos com relação ao conforto térmico, diminuindo o Fator Solar (entrada da radiação) e o Valor U (trocas térmicas por condução).

Observa-se que idéias “importadas” para a especificação do vidro nos edifícios nem sempre refletem a melhor solução para o conforto térmico e luminoso das salas de trabalho, pois outros componentes específicos de cada projeto também devem ser observados.

Em fachadas com alta incidência da radiação solar pode-se obter bons resultados com vidros refletivos, sendo importante que se observe também a quantidade de transmissão de luz que este vidro vai permitir entrar para a sala, a fim

de se obter o índice de seletividade esperado. Com relação à orientação da fachada envidraçada dos edifícios observou-se no nosso clima, que em fachadas com alta incidência solar como as analisadas, se faz necessário na concepção do projeto um estudo detalhado sobre a trajetória do sol, e além da utilização de vidros para o controle térmico e luminoso a utilização de outros elementos arquitetônicos para o controle eficiente da radiação solar, como *brises*, cortinas ou telas solares preferencialmente externas e móveis, além da garantia da ventilação natural cruzada e da circulação do ar nas salas destes escritórios.

Em grandes cidades do Brasil como Porto Alegre, a busca pela certificação dos edifícios através do LEED (Liderança em Energia e Projeto Ambiental) visando projetos e construções sustentáveis, oferecendo maior conforto interno aos usuários e preservando o meio ambiente, torna-se cada vez mais comum. O vidro, por ser um material reciclável e possibilitar a conexão entre espaços internos e externos, permitindo a entrada da luz natural contribui para isto, além de que, se for especificado de forma correta, pode aumentar o desempenho energético da edificação reduzindo o impacto ambiental no uso excessivo da energia.

6.1 Sugestões para trabalhos futuros

Existem muitos assuntos relacionados aos vidros aplicados na construção civil possíveis de serem desenvolvidos, como:

- Avaliação do desempenho térmico de edifícios residenciais em Porto Alegre;
- Comparação do desempenho dos edifícios de escritórios de Porto Alegre com o desempenho do mesmo tipo de edifícios de outra região climática;
- Comportamento do desempenho dos vidros em diferentes tipos de esquadrias;
- Avaliação desempenho térmico e acústico para determinação de solução mais adequada para edifícios de escritórios em centros urbanos;
- Medição de desempenho de edifícios com vidros baixo emissivos, atualmente utilizados na composição de vidros duplos ou insulados, no Brasil.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 7199** - Projeto, execução e aplicações de vidros na construção civil – Procedimento: Parte 4: Condições gerais, Classificação: ABNT, 2002 78p.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 14697** – Vidro laminado: Parte 3: Definições: ABNT, 2001 24p.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 15220-3** – Desempenho térmico de edificações: Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social: ABNT, 2005c.23p.

ABRAVIDRO. **Normas Vidro**. www.abravidro.org.br/normas_andamento.asp.

ASHRAE - American Society Of Heating, Refrigerating And Air Conditioning Engineers. **Fundamentals Handbook**: fenestration. Kansas City, 1993. Cap. 27.

BARBOSA, E; PORTO, M. M. Arquitetura moderna – permeabilidade visual através de soluções de fachada. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 8., 2005, Maceió. **Anais...** Maceió: Encac, 2005.

BEYER, P. O. **Aquecimento ambiental**. Porto Alegre: UFRGS, Departamento de Engenharia Mecânica, 2006.

BEYER, P. O. **Carga de resfriamento de ar condicionado**. Porto Alegre: UFRGS, Departamento de Engenharia Mecânica, 2006.

BORDEIRA, J. A. S. , BASTOS, L. E. G. ,QUEIROZ, T. C. F. Utilização de película reflexiva em fachadas envidraçadas de edifício situado em local de clima tropical úmido de altitude. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 8., 2005, Maceió. **Anais...** Maceió: Encac, 2005.

BULLA, L. A. S. **Análise paramétrica do desempenho termo-energético de um edifício de escritórios**. 1995. 81 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

CAVIQUE, M; SARAIVA, J. G. **Parametric Variation and Energy Consumption in Office Buildings** - Rome: World Congress on Housing Sustainability of the Housing Projects, 2004

CEBRACE. **Manual do Vidro Laminado**. *Catálogo técnico*. São Paulo, Cebrace, sd.

CEBRACE. **Vidros Laminados refletivos**. *Catálogo técnico*. São Paulo, Cebrace, sd.

COMPAGNO, A. **Intelligent Glass Façades**. 4th ed. Basel : Birkhäuser Verlag, 1999.

CUNHA, E. G. **Elementos de arquitetura de climatização natural**. Porto Alegre: Masquatro, 2006.

DUER, K. et al. Energy Labeling of Glazings and Window in Denmark: Calculated and Measure Values, **Solar Energy**, Kidlington, v.73, n. 1, p.23-31, 2002.

DUMKE, E. M. S. **Avaliação do desempenho térmico em sistemas construtivos da vila tecnológica de Curitiba como subsídio para a escolha de tecnologias apropriadas em habitação de interesse social**. 2002. Dissertação (Mestrado) - Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná, Curitiba.

FERNANDES, A. E. P. A influência do Vidro no Consumo de Energia em Edificações. In: CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE TECNOLOGIA E GESTÃO NA PRODUÇÃO DE EDIFÍCIOS, 1998, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Escola Politécnica da USP, 1998.

FERREIRA, A. P.; CARAM, R. M. Sistemas fotovoltaicos em edifícios tropicais: avaliação do uso de painéis fotovoltaicos transparentes e semi-transparentes incorporados a edifícios paulistas. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 8., 2005, Maceió. **Anais...** Maceió: Encac, 2005.

FERREIRA, F. **Desempenho térmico em edifícios de escritório na região central do Rio Grande do Sul**. 2007. 184 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

FIORELLI, F. A. S., NETO, A. H., TRIBESS A. Avaliação de estratégias para a racionalização do consumo de energia em edifícios com ar condicionado. In:

ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 6., 2001, São Pedro-SP. **Anais...** São Pedro-SP: Encac, 2001.

FROTA, A. B. **Geometria da Insolação**. São Paulo: Geros, 2004.

GELLER, H. **O uso eficiente da eletricidade – uma estratégia de desenvolvimento para o Brasil**. Rio de Janeiro: INEE, ACEEE, 1994

GILIO, R. C., PERÉN J. I., CARAM R. M. Reflexão da radiação solar em vidros e películas refletivas. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 6., 2001, São Pedro-SP. **Anais...** São Pedro-SP: Encac, 2001.

GIVONI, B. Comfort, climate analysis and building design guidelines. **Energy and building**, v. 18, 1992.

GRANQVIST, C. G. **Materials Science for Solar Energy Conversion Systems**. New York, Pergamon press, 1991.

ISO 7730. **Moderate thermal environments – determination of the OMV e PPD Índices and Specification of the conditions for thermal confort**. International Standard, 1994.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. O. R. **Eficiência Energética na Arquitetura**. São Paulo. PW Gráficos e Editores Associados, 1997.

LABAKI, L. C., CARAM R. M., SICHIERI, E. P. Uso de policarbonatos em fachadas: isolamento e efeito estufa. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 5., 1999, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: Encac, 1999.

LABEEE, Eletrobrás. **Regulamentação para etiquetagem voluntária de nível de eficiência energética de edifícios comerciais, de serviços e públicos**. Florianópolis: UFSC, 2007.

LEME, M. N. Fachadas envidraçadas em caixilhos de alumínio: tecnologia isponível e critérios para o projeto e execução. In: SEMINÁRIO DE TECNOLOGIA DE VEDAÇÕES, 2002, São Paulo. **Palestra**. São Paulo: Sinduscon, 2002.

LIM, B. P. et al. **Environmental Factors in the Design of Building Fenestration**. London: Applied Science Publishers, 1979.

MASCARÓ, L. R. **Energia na edificação – Estratégia para minimizar seu consumo**. São Paulo: Projeto Editores Associados, 1991.

MASCARÓ, J. L., MASCARÓ, L. **Uso racional de energia elétrica em edificação – Iluminação**. São Paulo: AAE Agência para Aplicação de Energia, ABILUX, PROCEL, 1991.

_____. **Uso racional de energia em edificações: Isolamento Térmico**. São Paulo: AAE Agência para Aplicação de Energia, DOW Produtos Químicos, ISPOR Ind e Comércio de Plásticos, Cia. Vidraria Santa Marina, 1991.

MENEGAT, R. et al. **Atlas Ambiental de Porto Alegre**, Porto Alegre, Ed. da Universidade, UFRGS, 1998.

MIANA, A. C., CARAM DE ASSIS, R. M. Avaliação do desempenho térmico e luminoso de *brisesoleils* transparentes. In: NÚCLEO DE PESQUISA EM TECNOLOGIA DA ARQUITETURA E URBANISMO DE SÃO PAULO, 2006, São Paulo. **Anais...** São Paulo: NUTAU, 2006.

PAULINO, R. C. M., Ambiente confortável x Ambiente saudável. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 5., 1999, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: Encac 1999.

PEREIRA, F. L. **Determinação computacional da influência de parâmetros físicos no comportamento termoenergético de uma edificação**. 2005.158 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

PIRRÓ, L. F.; SARAIVA, J. A. G.; ROMÉRO, M. A. O consumo de energia em edifícios de serviços. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 8., 2005, Maceió. **Anais...** Maceió: Encac, 2005.

RIVERO, R. **Acondicionamento térmico natural. Arquitetura e clima**. Porto Alegre, Ed. da Universidade, D. C. Luzzatto, 1995.

ROMERO, M. A. Arquitetura e engenharia térmica a serviço do conforto com qualidade do ar e eficiência energética. In: CONGRESSO MERCOFRIO, 2006, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: MERCOFRIO, 2006.

RORIZ, M.; LAMBERTS, R.; GHISI, E. Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. In: ENCONTRO NACIONAL, 5.; ENCONTRO LATINO-AMERICANO SOBRE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRuíDO, 2., 1999, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: ANTAC, 1999.

RORIZ, M.; SANTOS, J. C. P. **Distribuição da energia solar na América do Sul.** Maceió: Encac, 2005.

ROSA, L. P; LOMARDO, L. L. B. The Brazilian Energy Crisis and a Study to Support Building Efficiency Legislation. **Energy and Buildings**, New York, v. 36, n. 2, p. 89-95, Feb. 2004.

RUAS, A. C. **Conforto térmico nos ambientes de trabalho.** Brasília: Fundacentro, Ministério do Trabalho, 1999.

RUGGIERO, A. S.; BASSO, A. Avaliação do desempenho de tipologias de aberturas e sua interferência na iluminação natural. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRuíDO, 6., 2001, São Pedro-SP. **Anais...** São Pedro – SP: Encac, 2001.

SAINT-GOBAIN GLASS. **Manual do vidro.** Milão: Rotolito Lombarda, 2000.

SANTANA, M. **Influência de parâmetros construtivos no consumo de edifícios de escritório localizados em Florianópolis – SC.** 2006. 196 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

SANTOS, J. C. P. **Metodologia para avaliação do desempenho térmico e visual de elementos transparentes frente à radiação solar.** 2002. 354 f. Tese (Doutorado em Ciência e Engenharia dos Materiais) – Universidade federal de São Carlos, São Carlos.

SANTOS, J. C. P. **Térmica aplicada às construções.** Santa Maria: Apostila do Curso de Pós graduação em Engenharia Civil, 2002.

SCHERER, M. **Estudo do isolamento sonoro de vidros de diferentes tipos e espessuras, em vitragem simples e dupla.** 2005. 149 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

SILVA, H. C. Controle de radiação solar, Jockey Club do Rio Grande do Sul: estratégia de projeto para clima temperado mediterrâneo. In: SEMINÁRIO DOCOMOMO NÚCLEO RS, 1., 2006, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: UFRGS, 2006.

SILVA, V. G.; SILVA, M. G.; AGOPYAN, V. Avaliação do desempenho ambiental de edifícios: estágio atual e perspectivas para o desenvolvimento no Brasil. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE EDIFICAÇÕES E COMUNIDADES SUSTENTÁVEIS, 3., 2003, São Carlos. **Anais...** São Carlos, 2003.

SOLUTIA BRASIL Ltda. Divisão SAFLEX. **Applications**. Catálogo Técnico. São Paulo, s.ed., 2000.

SZABO, L. P. O paradigma de luz natural proposto pelo movimento moderno na arquitetura. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 6., 2001, São Pedro-SP. **Anais...** São Pedro – SP: Encac, 2001.

TRAPANO, P.; BASTOS, L. E. G. As novas formas do século XXI um estudo aplicado à arquitetura bioclimática. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 8., 2005, Maceió. **Anais...** Maceió: Encac, 2005.

VOSQUERITCHIAN, A. B. Sistemas de avaliação de sustentabilidade de edifícios. abordagem em conforto ambiental e eficiência energética. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 8., 2005, Maceió. **Anais...** Maceió: Encac, 2005.

YANNAS, S. **Solar Energy and Housing Design. V.1: Principles, Objectives, Guidelines**. London: Architectural Association School of Architecture, [sd.]

ANEXOS

ANEXO A – Software Calumen (Saint Gobain) – explicativo

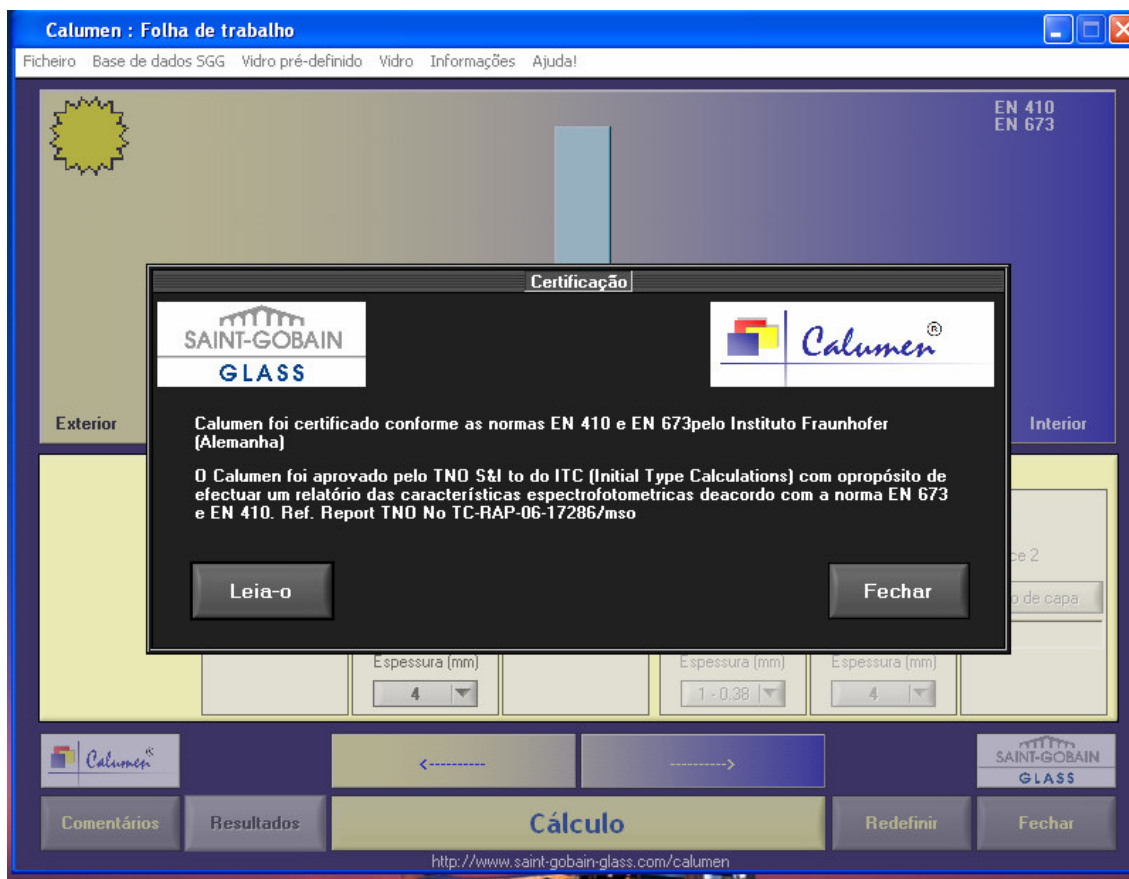


Figura 56 – Tela software Calumen

Calumen é um software de simulação digital que calcula a luz, energia e a performance térmica de um vidro. Este vidro pode ser um ou mais vidros simples ou vidros laminados. Cada uma das faces do vidro pode ser tratada com uma capa fina dando-lhe propriedades específicas (nomeadamente isolamento térmico, controle solar, função anti-reflexo, função de auto-limpeza, etc).

Este software utiliza algoritmos de cálculo que cumprem as Normas Europeias standards EN 410 e EN 673 (certificadas pelo Instituto Fraunhofer). O Calumen foi desenvolvido em torno de uma interface intuitiva e dinâmica de tal forma que possa ser utilizado sem qualquer formação. O seu funcionamento é baseado na base de dados que assegura a criação de produtos que podem ser produzidos

comercialmente e também garante ao usuário os produtos predefinidos comercialmente.

Para interpretar os resultados do cálculo é necessário um pequeno conhecimento básico acerca dos produtos e da luz, energia e características térmicas do vidro.

ANEXO B – Software E-20 (Carrier) – explicativo

O software da Carrier é uma ferramenta para projetistas de AC de edifícios comerciais.

Primeiro estima cargas e sistemas de projeto e posteriormente simula o uso da energia necessária e calcula seus custos. Utiliza a ASHRAE, método da função de transferência para cálculos da carga e detalha técnicas da simulação de uma energia de 8.760 horas para a análise da energia.

Este programa é liberado como dois produtos similares, mas separados. O programa da carga de projeto do sistema fornece o projeto e a carga do sistema que estimam características. O programa total fornece as mesmas potencialidades do projeto do sistema mais características da análise da energia.

As estimativas definem cargas para refrigerar e para aquecer edifícios comerciais a fim determinar tamanhos necessários para componentes do sistema de AC. Finalmente, o programa fornece a informação necessitada selecionando e especificando o equipamento.

O programa executa as seguintes tarefas:

- Calcula cargas para refrigerar e aquecer os espaços do projeto, e o equipamento para o sistema de AC;
- Determina taxas necessárias para o fluxo de ar para os espaços, zonas e sistema;
- Tamanho do equipamento para refrigerar e aquecer;
- Dimensão dos ventiladores/ circuladores de ar;
- Tamanho dos “chillers” e caldeiras

O software também analisa o consumo da energia pelo sistema energia e estima custos anuais em um edifício simulando a operação para cada uma das 8.760 horas de um ano.

Os resultados da análise da energia são usados para comparar o uso da energia e os custos de energia de projetos alternativos do sistema de AC, para que o melhor projeto possa ser escolhido. Especificamente, o software executa as seguintes tarefas durante a análise da energia:

- Simula uma operação horária de todos os sistemas de aquecimento e de condicionamento de ar no edifício;

- Simula uma operação horária de todo o equipamento do edifício;
- Simula uma operação horária dos sistemas incluindo os sistemas de iluminação;
- Simula os usos do sistema hora a hora para calcular o uso da energia e seus custos anuais totais. Os custos são calculados usando características de serviço público reais;
- Gera relatórios e gráficos de dados de hora em hora, diários, mensais e anuais.

APÊNDICES

APÊNDICE A

Edifícios comerciais envidraçados analisados em Porto Alegre

(Período de 1992 a 2009)



Figura 57 – Edifício Edel Trade Center

Nome: EDEL TRADE CENTER

Localização: VIADUTO LOUREIRO DA SILVA, 2001 – CIDADE BAIXA, POA

Ano de Construção: 1992

Autor do projeto: NÃO IDENTIFICADO

Construtora: EDEL EMPRESA DE ENGENHARIA LTDA

Tipo de vidro: ANTÉLIO INCOLOR (CRISTAL REFLETIVO PIROLÍTICO) 8mm

Área envidraçada: 1200 m²



Figura 58 – Edifício Centro Profissional Uffizi

Nome: CENTRO PROFISSIONAL UFFIZI

Localização: AVENIDA PADRE CHAGAS ESQUINA OLAVO BARRETO VIANA, MOINHOS DE VENTO, POA

Ano de Construção: 1993

Autor do projeto: NÃO IDENTIFICADO

Construtora: NÃO IDENTIFICADA

Tipo de vidro: ANTÉLIO E FLOAT BRONZE (CRISTAL REFLETIVO PIROLÍTICO E CRISTAL COMUM)

Área envidraçada: 800 m²

	Nome: SIR WINSTON
	Localização: AVENIDA DOM PEDRO II, 1212, HIGIENÓPOLIS, POA
	Ano de Construção: 1994
	Autor do projeto: LILIAN GUARITA
	Construtora: PILLA GUARITA
	Tipo de vidro: LAMINADO COOL LITE PRATA 114 (CRISTAL REFLETIVO A VÁCUO) 4mm + PVB CINZA + CRISTAL VERDE 4mm
Área envidraçada: 1000 m2	
	Nome: CENTRO PROFISSIONAL BARÃO DE MAUÁ
	Localização: AVENIDA PRAIA DE BELAS, 2266, MENINO DEUS, POA
	Ano de Construção: 1996
	Autor do projeto: JACOVÁS ARQTOS
	Construtora: MAIOJAMA EMP. IMOB.
	Tipo de vidro: LAMINADO COOL LITE PRATA 114 (REFLETIVO A VÁCUO) 4mm (FACE 3) + PVB AZUL CLARO + INCOLOR 4mm
Área envidraçada: 1100 m2	

Figura 59 – Edifício Sir Winston

Figura 60 – Edifício Barão De Mauá

	<p>Nome: CENTRO PROFISSIONAL AUGUSTO MEYER</p>
	<p>Localização: AVENIDA AUGUSTO MEYER, 159 E 171, AUXILIADORA, PORTO ALEGRE</p>
	<p>Ano de Construção: 1996</p>
	<p>Autor do projeto: MAURO GUEDES DE OLIVEIRA</p>
	<p>Construtora: MAIOJAMA EMP. IMOB.</p>
	<p>Tipo de vidro: LAMINADO COOL LITE PRATA 114 (REFLETIVO A VÁCUO) 4mm (FACE 3) + PVB AZUL CLARO + INCOLOR 4mm</p>
	<p>Área envidraçada: 1300 m²</p>
<p>Figura 61 – Edifício Augusto Meyer</p>	<p>Nome: HOTEL DEVILLE</p>
	<p>Localização: AVENIDA DOS ESTADOS, 1909, AEROPORTO, POA</p>
	<p>Ano de Construção: 1998</p>
	<p>Autor do projeto: RICARDO AMARAL</p>
	<p>Construtora: PRODUSHOPING</p>
	<p>Tipo de vidro: LAMINADO COOL LITE PRATA NEUTRO 114 (CRISTAL REFLETIVO A VACUO) 4mm + PVB INCOLOR + CRISTAL INCOLOR</p>
	<p>Área envidraçada: 1000 m²</p>
<p>Figura 62 – Edifício Hotel Deville</p>	



Figura 63 – Edifício Quebec

Nome: CENTRO EMPRESARIAL QUEBEC

Localização: AVENIDA CARLOS GOMES, 466, AUXILIADORA, POA

Ano de Construção: 1999

Autor do projeto: PEDRO GABRIEL

Construtora: BORTONCELLO

Tipo de vidro: LAMINADO COOL LITE BRONZE 120 (CRISTAL REFLETIVO A VÁCUO) 4mm (FACE 2) + PVB INCOLOR + CRISTAL INCOLOR

Área envidraçada: 1200 m²



Figura 64 – Edifício Sheraton Hotel

Nome: SHERATON HOTEL E SHOPPING MOINHOS

Localização: RUA OLAVO BARRETO VIANA, 18, MOINHOS DE VENTO, POA

Ano de Construção: 1999

Autor do projeto: PEDRO GABRIEL

Construtora: HOCTHIEF

Tipo de vidro: LAMINADO COOL LITE PRATA NEUTRO 108 (CRISTAL REFLETIVO A VÁCUO) 3mm (FACE 3) + PVB AZUL ESCURO + CRISTAL INCOLOR 4mm

Área envidraçada: 2000 m²



Figura 65 – Edifício Centro Clínico Tiradentes

Nome: CENTRO CLÍNICO
TIRADENTES - HMV

Localização: RUA TIRADENTES, 333,
MOINHOS DE VENTO, POA

Ano de Construção: 2000

Autor do projeto: IVO NEDEFF

Construtora: BSF MÉTODO

Tipo de vidro: LAMINADO ANTÉLIO
ESMERALDA (CRISTAL REFLETIVO
PIROLÍTICO) 6mm + PVB INCOLOR +
CRISTAL INCOLOR 4mm

Área envidraçada: 700 m²

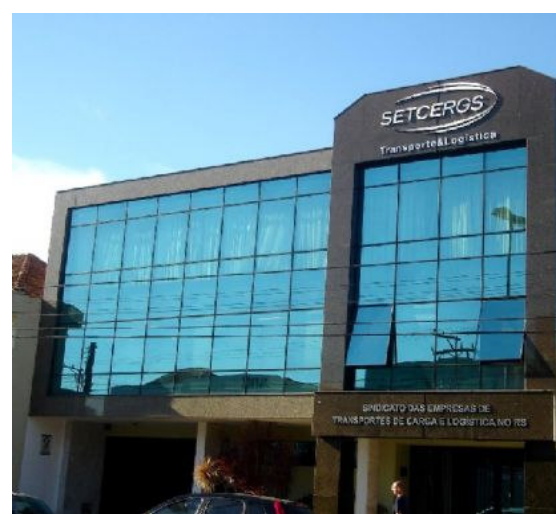


Figura 66 – Edifício Sede SETCERGS

Nome: SEDE SETCERGS

Localização: AVENIDA SÃO PEDRO,
1420, SÃO GERALDO, POA

Ano de Construção: 2001

Autor do projeto: NÃO IDENTIFICADO

Construtora: NÃO IDENTIFICADA

Tipo de vidro: LAMINADO ANTÉLIO
VERDE (CRISTAL REFLETIVO
PIROLÍTICO) 4mm + PVB INCOLOR +
CRISTAL INCOLOR 4mm

Área envidraçada: 200 m²

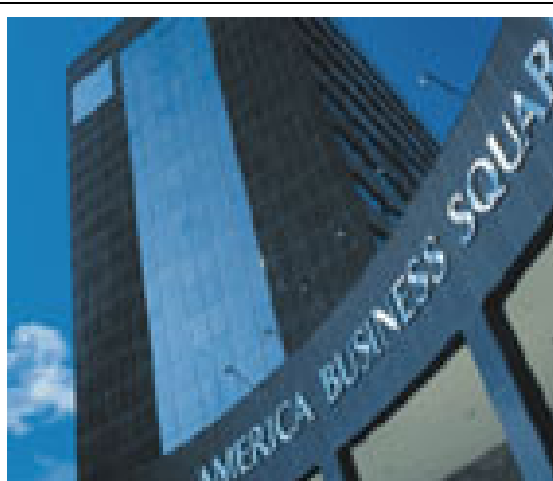


Figura 67 – Edifício América Business Square

Nome: AMERICA BUSINESS SQUARE

Localização: RUA SOLEDADE, 600, TRES FIGUEIRAS, POA

Ano de Construção: 2001

Autor do projeto: AXELRUD & SAFFER

Construtora: BORTONCELLO

Tipo de vidro: LAMINADO COOL LITE BRONZE 108 (CRISTAL REFLETIVO A VÁCUO) 4mm + PVB INCOLOR + CRISTAL INCOLOR 4mm

Área envidraçada: 1200 m²



Figura 68 – Edifício TRF 4ª. região

Nome: TRF 4ª. REGIÃO

Localização: CENTRO ADMINISTRAT. DO ESTADO, PARQUE DA HARMONIA, POA

Ano de Construção: 2002

Autor do projeto: KAREN PAGLIARINI

Construtora: PAULO OTÁVIO

Tipo de vidro: LAMINADO ANTÉLIO BRONZE (CRISTAL REFLETIVO PIROLÍTICO) 4mm + PVB INCOLOR + CRISTAL INCOLOR 4mm

Área envidraçada: 1500 m²



	<p>Nome: FORO PARTENON</p>
<p>Figura 69 – Edifício Foro Partenon</p>	<p>Localização: AVENIDA BENTO GONÇALVES, PARTENON, POA</p>
	<p>Ano de Construção: 2002</p>
	<p>Autor do projeto: ARQUITETURA TRF</p>
	<p>Construtora: PORTONOVO</p>
	<p>Tipo de vidro: LAMINADO COOL LITE PRATA NEUTRO 114 (CRISTAL REFLETIVO A VÁCUO) 4mm + PVB BRONZE + CRISTAL INCOLOR 4mm</p>
	<p>Área envidraçada: 1200 m2</p>
<p>Figura 70 – Edifício Borges 2233</p>	<p>Nome: BORGES 2233</p>
	<p>Localização: AVENIDA BORGES DE MEDEIROS, 2233, CENTRO, POA</p>
	<p>Ano de Construção: 2003</p>
	<p>Autor do projeto: MAURO GUEDES DE OLIVEIRA</p>
	<p>Construtora: MAIOJAMA</p>
	<p>Tipo de vidro: LAMINADO COOL LITE PRATA 114 (CRISTAL REFLETIVO PIROLÍTICO) 4mm (FACE 3) + PVB AZUL CLARO + CRISTAL INCOLOR 4mm</p>
	<p>Área envidraçada: 1100 m2</p>



Figura 71 – Edifício Iguatemi Corporate

Nome: IGUATEMÍ CORPORATE

Localização: AV. NILO PEÇANHA,
2825, TRES FIGUEIRAS, POA

Ano de Construção: 2004

Autor do projeto: BOTTI RUBIM

Construtora: ROSSI RESIDENCIAL

Tipo de vidro: LAMINADO COOL LITE PRATA NEUTRO 108 (CRISTAL REFLETIVO A VÁCUO) 4mm (FACE 3) + PVB AZUL CLARO + CRISTAL INCOLOR 4mm

Área envidraçada: 1200 m²



Figura 72 – Edifício Centro Profissional Getúlio Vargas

Nome: CENTRO PROFISSIONAL GETÚLIO VARGAS

Localização: AVENIDA GETÚLIO VARGAS, 901, MENINO DEUS, POA

Ano de Construção: 2004

Autor do projeto: MAURO GUEDES DE OLIVEIRA

Construtora: MAIOJAMA

Tipo de vidro: LAMINADO COOL LITE PRATA NEUTRO 140 (CRISTAL REFLETIVO A VÁCUO) 4mm + PVB INCOLOR + CRISTAL VERDE 6mm

Área envidraçada: 1700 m²

	<p>Nome: CARLOS GOMES 222</p> <p>Localização: AVENIDA CARLOS GOMES, 222, BOA VISTA, POA</p> <p>Ano de Construção: 2004</p> <p>Autor do projeto: MAURO GUEDES DE OLIVEIRA</p> <p>Construtora: MAIOJAMA</p> <p>Tipo de vidro: LAMINADO COOL LITE PRATA NEUTRO 140 (CRISTAL REFLETIVO A VÁCUO) 4mm + PVB INCOLOR + CRISTAL VERDE 6mm</p> <p>Área envidraçada: 1900 m2</p>
<p>Figura 73 – Edifício Carlos Gomes 222</p>	<p>Nome: BANCO MATONE</p> <p>Localização: RUA MARIANTE, 21, MOINHOS DE VENTO, POA</p> <p>Ano de Construção: 2005</p> <p>Autor do projeto: PEDRO GABRIEL</p> <p>Construtora: IVO RIZZO</p> <p>Tipo de vidro: LAMINADO COOL LITE PRATA 114 (CRISTAL REFLETIVO A VÁCUO) 4mm (FACE 3) + PVB AZUL CLARO + CRISTAL INCOLOR 4mm</p> <p>Área envidraçada: 2200 m2</p>
	<p>Figura 74 – Edifício Banco Matone</p>


	<p>Nome: CORPORATE STATION</p>
	<p>Localização: RUA MOSTARDEIRO, 362, MOINHOS DE VENTO, POA</p>
	<p>Ano de Construção: 2005</p>
	<p>Autor do projeto: PEDRO GABRIEL</p>
	<p>Construtora: IVO RIZZO</p>
	<p>Tipo de vidro: LAMINADO COOL LITE PRATA 114 (CRISTAL REFLETIVO A VÁCUO) 4mm (FACE 3) + PVB AZUL CLARO + CRISTAL INCOLOR 4mm</p>
<p>Figura 75 – Edifício Corporate Station</p>	<p>Área envidraçada: 3000 m2</p>
	<p>Nome: FURRIEL 250</p>
	<p>Localização: RUA FURRIEL LUIZ ANTONIO DE VARGAS, 250, MONT SERRAT, POA</p>
	<p>Ano de Construção: 2006</p>
	<p>Autor do projeto: NÃO IDENTIFICADO</p>
	<p>Construtora: NÃO IDENTIFICADA</p>
	<p>Tipo de vidro: LAMINADO COOL LITE PRATA NEUTRO 108 (CRISTAL REFLETIVO A VÁCUO) 4mm (FACE 3) + PVB VERDE + CRISTAL INC. 4mm</p>
<p>Figura 76 – Edifício Furriel 250</p>	<p>Área envidraçada: 2450 m2</p>



Figura 77 – Edifício Centro Empresarial Eolis

Nome: CENTRO EMPRESARIAL EOLIS

Localização: AVENIDA CARLOS GOMES, 1942, TRES FIGUEIRAS, POA

Ano de Construção: 2006

Autor do projeto: AXELRUD & SAFFER

Construtora: CAPA ENGENHARIA

Tipo de vidro: LAMINADO COOL LITE PRATA NEUTRO 150 (CRISTAL REFLETIVO A VÁCUO) 4mm + PVB INCOLOR + CRISTAL INCOLOR 3mm

Área envidraçada: 1300 m2



Figura 78 – Edifício Ministério Público

Nome: MINISTÉRIO PÚBLICO

Localização: AVENIDA AURELIANO DE FIGUEIREDO PINTO, 80, PARQUE DA HARMONIA, POA

Ano de Construção: 2006

Autor do projeto: ARQUITETURA MP

Construtora: VARCA SCATENA

Tipo de vidro: DUPLO RIDER VERDE (CRISTAL REFLETIVO PIROLÍTICO) 4mm + PVB INCOLOR + INCOLOR 4mm + AR 9mm + CR. INCOLOR 6mm

Área envidraçada: 2850 m2



Figura 79 – Edifício SICREDI

Nome: SICREDI

Localização: AVENIDA ASSIS BRASIL, 3940, PASSO D'AREIA, POA

Ano de Construção: 2007

Autor do projeto: CAMPOS & MORGANTI

Construtora: TEDESCO

Tipo de vidro: DUPLO COOL LITE VERDE 130 (CRISTAL REFLETIVO A VÁCUO) 4mm (FACE 2) + AR 10mm + CRISTAL INCOLOR 4mm

Área envidraçada: 2580 m²



Figura 80 – Edifício CIEE-RS

Nome: CIEE-RS

Localização: AVENIDA DOM PEDRO II, 831, HIGIENÓPOLIS, POA

Ano de Construção: 2008

Autor do projeto: PEDRO SIMCH

Construtora: BSF MÉTODO

Tipo de vidro: DUPLO COOL LITE VERDE 130 (CRISTAL REFLETIVO A VÁCUO) 4mm (FACE 3) + PVB INCOLOR + CRISTAL INCOLOR 4mm + AR 10mm + INCOLOR 6mm

Área envidraçada: 3300 m²

	Nome: CENTRO ADM. FARROUPILHA
	Localização: RUA DEZOITO DE NOVEMBRO, 277, SÃO GERALDO, POA
	Ano de Construção: 2009
	Autor do projeto: CAMPOS & MORGANTI
	Construtora: PLANTA E OBRA
	Tipo de vidro: LAMINADO COOL LITE PRATA NEUTRO 140 (CRISTAL REFLETIVO A VÁCUO) 4mm + PVB INCOLOR + CRISTAL VERDE 6mm
Área envidraçada: 1800 m2	

Figura 81 – Edifício Centro Adm. Farroupilha

APÊNDICE B

Características espectrofotométricas dos vidros dos edifícios analisados

(Software Calumen)

Edifício 1 – Sir Winston

Vidros:

Laminados COOL LITE PRATA 114 4 mm + PVB CINZA + CRISTAL VERDE 4mm.

Calumen : Folha de trabalho

Ficheiro Base de dados SGG Ferramentas Vidro Opções Informações Ajuda!

Transmissão : factores luminosos			Reflexão exterior: factores luminosos			Reflexão interior: factores luminosos		
TI %	L. o. dom.	Pur exc %	LRE %	L. o. dom.	Pur exc %	LRI %	L. o. dom.	Pur exc %
5.2	482	10.0	28.1	492	2.1	10.0	486	6.7
L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*
27.2	-1.6	-4.0	59.9	-2.2	-0.6	37.8	-2.6	-2.6
x	y		x	y		x	y	
0.2896	0.3125		0.3069	0.3295		0.2961	0.3224	
Transmissão : rendimento das cores			Reflexão exterior: rendimento das cores			Reflexão interior: rendimento das cores		
Ra %			Ra %					
91.2			95.8					
Transmissão : factor UV			Reflexão exterior: factor UV			Reflexão interior: factor UV		
Trans. UV %			R. UV %			R. UV %		
0.0			17.6			4.6		
Transmissão : factores energéticos			Reflexão exterior: factor energético			Reflexão interior: factor energético		
T %			RE %			RI %		
4.3			24.0			8.9		
A1 %	A2 %	A3 %						
63.3	8.4	0.0						
Factor solar	Coeficiente de sombreamento		Coeficiente U					
g	SC		Ug					
0.224	0.257		5.67	W/m².K				
Valores ASHRAE								
Coeficiente de sombreamento			Inverno					
0.28	71	Btu	TG1	TG2	TG3	U	U	
			-8.6 °C	-8.6 °C	0.0 °C	1.11 Btu	6.32	W/m².K
RHG			Verão					
	224	W/m²	TG1	TG2	TG3	U	U	
			45.7 °C	45.7 °C	0.0 °C	1.11 Btu	6.30	W/m².K

Impressão

Fechar

Figura 82 – Características espectrofotométricas vidros – Edifício Sir Winston

Edifício 2 – Augusto Meyer

Vidros:

Laminados COOL LITE PRATA 114 4 mm + PVB AZUL CLARO + CRISTAL INCOLOR 4mm

Calumen : Folha de trabalho

Ficheiro Base de dados 5GG Ferramentas Vidro Opções Informações Ajuda!

Transmissão : factores luminosos			Reflexão exterior: factores luminosos			Reflexão interior: factores luminosos		
TI %	L. o. dom.	Pur exc %	LRE %	L. o. dom.	Pur exc %	LRI %	L. o. dom.	Pur exc %
9.8	490	8.9	28.1	492	2.1	24.4	498	8.1
L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*
37.4	-5.2	-2.6	60.0	-2.2	-0.6	56.5	-12.2	0.4
x	y		x	y		x	y	
0.2889	0.3254		0.3068	0.3295		0.2885	0.3421	
Transmissão : rendimento das cores			Reflexão exterior: rendimento das cores			Reflexão interior: rendimento das cores		
Ra %			Ra %					
89.6			95.8					
Transmissão : factor UV			Reflexão exterior: factor UV			Reflexão interior: factor UV		
Trans. UV %			R. UV %			R. UV %		
0.1			17.6			4.6		
Transmissão : factores energéticos			Reflexão exterior: factor energético			Reflexão interior: factor energético		
T %			RE %			RI %		
9.0			24.0			24.0		
A1 %	A2 %	A3 %						
63.4	3.7	0.0						
Factor solar	Coeficiente de sombreamento		Coeficiente U					
g	SC		Ug					
0.256	0.295		5.67	W/m².K				
Valores ASHRAE								
Coeficiente de sombreamento			Inverno					
0.32	79	Btu	TG1	TG2	TG3	U	U	
			-8.6 °C	-8.6 °C	0.0 °C	1.11	6.32	W/m².K
RHG			Verão					
	248	W/m²	TG1	TG2	TG3	U	U	
			44.7 °C	44.7 °C	0.0 °C	1.10	6.26	W/m².K

Impressão

Fechar

Figura 83 – Características espectrofotométricas vidros – Edifício Augusto Meyer

Edifício 3 – Quebec

Vidros:

Laminados COOL LITE BRONZE 120 4 mm + PVB INCOLOR + CRISTAL INCOLOR 4mm

Calumen : Folha de trabalho

Ficheiro Base de dados SGG Ferramentas Vidro Opções Informações Ajuda

Transmissão : factores luminosos			Reflexão exterior: factores luminosos			Reflexão interior: factores luminosos		
TI %	L. o. dom.	Pur exc %	LRE %	L. o. dom.	Pur exc %	LRI %	L. o. dom.	Pur exc %
18.5	562	3.8	24.5	480	7.2	35.1	573	4.6
L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*
50.1	-2.1	2.6	56.6	-0.9	-5.3	65.8	-0.7	3.4
x	y		x	y		x	y	
0.3157	0.3396		0.2967	0.3148		0.3197	0.3383	
Transmissão : rendimento das cores			Reflexão exterior: rendimento das cores			Reflexão interior: rendimento das cores		
Ra %			Ra %					
97.7			93.6					
Transmissão : factor UV			Reflexão exterior: factor UV			Reflexão interior: factor UV		
Trans. UV %			R. UV %			R. UV %		
0.4			21.9			4.7		
Transmissão : factores energéticos			Reflexão exterior: factor energético			Reflexão interior: factor energético		
T %			RE %			RI %		
14.1			24.4			31.9		
A1 %	A2 %	A3 %						
59.2	2.3	0.0						
Factor solar	Coeficiente de sombreamento		Coeficiente U					
g	SC		Ug					
0.293	0.337		5.67	W/m².K				
Valores ASHRAE								
Coeficiente de sombra RHG to		Inverno		Verão				
0.36	87 Btu	TG1	TG2	TG3	U	U		
		-8.6 °C	-8.6 °C	0.0 °C	1.11 Btu	6.32 W/m².K		
	RHG	TG1	TG2	TG3	U	U		
	273 W/m²	43.5 °C	43.5 °C	0.0 °C	1.10 Btu	6.22 W/m².K		

Impressão

Fechar

Figura 84 – Características espectrofotométricas vidros – Edifício Quebec

Edifício 4 – America Business Square

Vidros:

Laminados COOL LITE BRONZE 108 4 mm + PVB INCOLOR + CRISTAL INCOLOR 4mm

Calumen : Folha de trabalho

Ficheiro Base de dados 5GG Ferramentas Vidro Opções Informações Ajuda

Transmissão : factores luminosos			Reflexão exterior: factores luminosos			Reflexão interior: factores luminosos			
TI %	L. o. dom.	Pur exc %	LRE %	L. o. dom.	Pur exc %	LRI %	L. o. dom.	Pur exc %	
7.4	566	6.6	43.1	483	4.1	38.5	577	15.4	
L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*	
32.7	-2.0	3.2	71.6	-1.8	-3.0	68.4	0.7	11.4	
x	y		x	y		x	y		
0.3195	0.3457		0.3029	0.3234		0.3404	0.3561		
Transmissão : rendimento das cores			Reflexão exterior: rendimento das cores			Reflexão interior: rendimento das cores			
Ra %			Ra %						
97.2			95.4						
Transmissão : factor UV			Reflexão exterior: factor UV			Reflexão interior: factor UV			
Trans. UV %			R. UV %			R. UV %			
0.1			29.9			4.7			
Transmissão : factores energéticos			Reflexão exterior: factor energético			Reflexão interior: factor energético			
T %			RE %			RI %			
5.6			40.3			37.0			
A1 %	A2 %	A3 %							
53.3	0.9	0.0							
Factor solar		Coeficiente de sombreamento		Coeficiente U					
g	SC	Ug							
0.190	0.218	5.67			W/m².K				
Valores ASHRAE									
Coeficiente de sombreamento		Inverno		Verão					
0.23	62 Btu	TG1	TG2	TG3	U	U			
		-8.6 °C	-8.6 °C	0.0 °C	1.11 Btu	6.32 W/m².K			
	RHG	TG1	TG2	TG3	U	U			
	195 W/m²	41.8 °C	41.8 °C	0.0 °C	1.09 Btu	6.17 W/m².K			

Impressão

Fechar

Figura 85 – Características espectrofotométricas vidros – Edifício America Business Square

Edifício 5 – Carlos Gomes 222

Vidros:

Laminados COOL LITE PRATA NEUTRO 140 4 mm + PVB INCOLOR + CRISTAL VERDE 6mm

Calumen : Folha de trabalho

Ficheiro Base de dados SGG Ferramentas Vidro Opções Informações Ajuda!

Transmissão : factores luminosos			Reflexão exterior: factores luminosos			Reflexão interior: factores luminosos		
TI %	L. o. dom.	Pur exc %	LRE %	L. o. dom.	Pur exc %	LRI %	L. o. dom.	Pur exc %
31.0	560	10.1	11.4	479	19.5	20.5	490	10.4
L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*
62.5	-7.2	8.3	40.3	-1.5	-11.5	52.4	-8.5	-3.4
x	y		x	y		x	y	
0.3192	0.3583		0.2700	0.2894		0.2846	0.3271	
Transmissão : rendimento das cores			Reflexão exterior: rendimento das cores			Reflexão interior: rendimento das cores		
Ra %			Ra %					
92.6			81.8					
Transmissão : factor UV			Reflexão exterior: factor UV			Reflexão interior: factor UV		
Trans. UV %			R. UV %			R. UV %		
0.3			14.8			4.6		
Transmissão : factores energéticos			Reflexão exterior: factor energético			Reflexão interior: factor energético		
T %			RE %			RI %		
16.8			12.4			12.4		
A1 %	A2 %	A3 %						
55.3	15.4	0.0						
Factor solar g	Coeficiente de sombreamento SC		Coeficiente U Ug					
0.349	0.402		5.60 W/m².K					
Valores ASHRAE								
Coeficiente de sombreamento RHG to			Inverno					
0.42	99 Btu		TG1	TG2	TG3	U	U	
			-8.2 °C	-8.2 °C	0.0 °C	1.10 Btu	6.24 W/m².K	
	RHG		Verão					
	311 W/m²		TG1	TG2	TG3	U	U	
			45.3 °C	45.3 °C	0.0 °C	1.09 Btu	6.21 W/m².K	

Impressão

Fechar

Figura 86 – Características espectrofotométricas vidros – Edifício Carlos Gomes 222

Edifício 6 – Eolis

Vidros:

Laminados COOL LITE PRATA NEUTRO 150 4 mm + PVB INCOLOR + CRISTAL INCOLOR 3mm

Calumen : Folha de trabalho

Ficheiro Base de dados SGG Ferramentas Vidro Opções Informações Ajuda!

Transmissão : factores luminosos			Reflexão exterior: factores luminosos			Reflexão interior: factores luminosos		
TI %	L. o. dom.	Pur exc %	LRE %	L.o. dom.	Pur exc %	LRI %	L. o. dom.	Pur exc %
45.8	508	0.6	9.4	481	5.0	21.3	562	2.1
L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*
73.4	-1.5	0.4	36.8	-0.8	-2.5	53.3	-1.3	1.6
x	y		x	y		x	y	
0.3110	0.3311		0.3012	0.3204		0.3143	0.3351	
Transmissão : rendimento das cores			Reflexão exterior: rendimento das cores			Reflexão interior: rendimento das cores		
Ra %			Ra %					
98.1			95.0					
Transmissão : factor UV			Reflexão exterior: factor UV			Reflexão interior: factor UV		
Trans. UV %			R. UV %			R. UV %		
1.1			8.2			4.7		
Transmissão : factores energéticos			Reflexão exterior: factor energético			Reflexão interior: factor energético		
T %			RE %			RI %		
38.6			8.3			18.2		
A1 %	A2 %	A3 %						
47.4	5.7	0.0						
Factor solar g	Coeficiente de sombreamento SC		Coeficiente U Ug			Coeficiente U Ug		
0.520	0.598		5.70 W/m².K			5.70 W/m².K		
Valores ASHRAE								
Coeficiente de sombre RHG to			Inverno					
0.61	137 Btu		TG1	TG2	TG3	U	U	
			-8.8 °C	-8.8 °C	0.0 °C	1.12 Btu	6.36 W/m².K	
	RHG		Verão					
	433 W/m²		TG1	TG2	TG3	U	U	
			41.7 °C	41.7 °C	0.0 °C	1.09 Btu	6.20 W/m².K	

Impressão

Fechar

Figura 87 – Características espectrofotométricas vidros – Edifício Eolis

Edifício 7 – CIEE RS

Vidros:

Duplos e laminados COOL LITE VERDE 114 4mm + PVB INCOLOR + CRISTAL INCOLOR 4mm + CÂMARA DE AR 10mm + CRISTAL INCOLOR 6mm

Calumen : Folha de trabalho

Ficheiro Base de dados 5GG Ferramentas Vidro Opções Informações Ajuda!

Transmissão : factores luminosos			Reflexão exterior: factores luminosos			Reflexão interior: factores luminosos		
TI %	L. o. dom.	Pur exc %	LRE %	L. o. dom.	Pur exc %	LRI %	L. o. dom.	Pur exc %
27.1	577	4.7	22.7	570	5.4	34.3	490	10.9
L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*
59.1	0.2	3.1	54.7	-1.2	3.6	65.2	-10.5	-4.3
x	y		x	y		x	y	
0.3212	0.3373		0.3200	0.3409		0.2834	0.3268	
Transmissão : rendimento das cores			Reflexão exterior: rendimento das cores			Reflexão interior: rendimento das cores		
Ra %			Ra %					
96.8			97.5					
Transmissão : factor UV			Reflexão exterior: factor UV			Reflexão interior: factor UV		
Trans. UV %			R. UV %			R. UV %		
0.5			7.9			8.8		
Transmissão : factores energéticos			Reflexão exterior: factor energético			Reflexão interior: factor energético		
T %			RE %			RI %		
23.0			23.9			22.0		
A1 %	A2 %	A3 %						
11.7	39.0	2.4						
Factor solar	Coeficiente de sombreamento		Coeficiente U					
g	SC		Ug					
0.316	0.364		2.92	W/m².K				
Valores ASHRAE								
Coeficiente de sombreamento		Inverno						
0.36	80 Btu	TG1	TG2	TG3	U	U		
		-13.1 °C	-13.1 °C	6.9 °C	0.51 Btu	2.89 W/m².K		
RHG		Verão						
253 W/m²		TG1	TG2	TG3	U	U		
		44.8 °C	44.8 °C	34.8 °C	0.56 Btu	3.18 W/m².K		

Impressão

Fechar

Figura 88 – Características espectrofotométricas vidros – Edifício CIEE-RS

APÊNDICE C

**Cargas térmicas das salas dos edifícios comerciais envidraçados em
Porto Alegre**

Software E-20 (Carrier)

Edifício 1 – Sir Winston

Vidros:

Laminados COOL LITE PRATA 114 4mm + PVB CINZA + CRISTAL VERDE 4mm

Fachada LESTE

Air System Design Load Summary for Ed. 1		
Project Name: Cargas		09/08/2008
Prepared by: Art Ar		05:20

	DESIGN COOLING			DESIGN HEATING		
	COOLING DATA AT Jan 1100 COOLING OA DB / WB 31,3 °C / 23,5 °C			HEATING DATA AT DES HTG HEATING OA DB / WB 4,4 °C / 0,9 °C		
ZONE LOADS	Details	Sensible (W)	Latent (W)	Details	Sensible (W)	Latent (W)
Window & Skylight Solar Loads	19 m²	1360	-	19 m²	-	-
Wall Transmission	2 m²	63	-	2 m²	70	-
Roof Transmission	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Window Transmission	19 m²	821	-	19 m²	2085	-
Skylight Transmission	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Door Loads	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Floor Transmission	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Partitions	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Ceiling	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Overhead Lighting	729 W	504	-	0	0	-
Task Lighting	0 W	0	-	0	0	-
Electric Equipment	1800 W	1552	-	0	0	-
People	8	331	451	0	0	0
Infiltration	-	0	0	-	0	0
Miscellaneous	-	0	0	-	0	0
Safety Factor	0% / 0%	0	0	0%	0	0
>> Total Zone Loads	-	4631	451	-	2155	0
Zone Conditioning	-	5462	451	-	12	0
Plenum Wall Load	0%	0	-	0	0	-
Plenum Roof Load	0%	0	-	0	0	-
Plenum Lighting Load	0%	0	-	0	0	-
Return Fan Load	437 L/s	0	-	437 L/s	0	-
Ventilation Load	56 L/s	422	821	56 L/s	80	0
Supply Fan Load	437 L/s	81	-	437 L/s	-81	-
Space Fan Coil Fans	-	0	-	-	0	-
Duct Heat Gain / Loss	0%	0	-	0%	0	-
>> Total System Loads	-	5965	1272	-	11	0
Central Cooling Coil	-	5965	1272	-	0	0
>> Total Conditioning	-	5965	1272	-	0	0
Key:	Positive values are cig loads Negative values are htg loads			Positive values are htg loads Negative values are cig loads		

Figura 89 – Cargas térmicas vidros – Edifício Sir Winston

Edifício 2 – Augusto Meyer

Vidros:

Laminados COOL LITE PRATA 114 4mm + PVB AZUL CLARO + CRISTAL INCOLOR 4mm

Fachada LESTE

Air System Design Load Summary for Ed. 2						
Project Name: Cargas					09/08/2008	
Prepared by: Art Ar					05:20	
	DESIGN COOLING			DESIGN HEATING		
	COOLING DATA AT Jan 1000 COOLING OA DB / WB 29,7 °C / 23,0 °C			HEATING DATA AT DES HTG HEATING OA DB / WB 4,4 °C / 0,9 °C		
ZONE LOADS	Details	Sensible (W)	Latent (W)	Details	Sensible (W)	Latent (W)
Window & Skylight Solar Loads	15 m ²	1386	-	15 m ²	-	-
Wall Transmission	1 m ²	32	-	1 m ²	43	-
Roof Transmission	0 m ²	0	-	0 m ²	0	-
Window Transmission	15 m ²	546	-	15 m ²	1657	-
Skylight Transmission	0 m ²	0	-	0 m ²	0	-
Door Loads	0 m ²	0	-	0 m ²	0	-
Floor Transmission	0 m ²	0	-	0 m ²	0	-
Partitions	0 m ²	0	-	0 m ²	0	-
Ceiling	0 m ²	0	-	0 m ²	0	-
Overhead Lighting	486 W	325	-	0	0	-
Task Lighting	0 W	0	-	0	0	-
Electric Equipment	1200 W	1023	-	0	0	-
People	5	211	300	0	0	0
Infiltration	-	0	0	-	0	0
Miscellaneous	-	0	0	-	0	0
Safety Factor	0% / 0%	0	0	0%	0	0
>> Total Zone Loads	-	3524	300	-	1700	0
Zone Conditioning	-	4221	300	-	12	0
Plenum Wall Load	0%	0	-	0	0	-
Plenum Roof Load	0%	0	-	0	0	-
Plenum Lighting Load	0%	0	-	0	0	-
Return Fan Load	329 L/s	0	-	329 L/s	0	-
Ventilation Load	38 L/s	203	565	38 L/s	44	0
Supply Fan Load	329 L/s	61	-	329 L/s	-61	-
Space Fan Coil Fans	-	0	-	-	0	-
Duct Heat Gain / Loss	0%	0	-	0%	0	-
>> Total System Loads	-	4485	865	-	-5	0
Central Cooling Coil	-	4485	865	-	0	0
>> Total Conditioning	-	4485	865	-	0	0
Key:	Positive values are clg loads Negative values are htg loads			Positive values are htg loads Negative values are clg loads		

Figura 90 – Cargas térmicas vidros – Edifício Augusto Meyer

Edifício 3 – Quebec

Vidros:

Laminados COOL LITE BRONZE 120 4mm + PVB INCOLOR + CRISTAL INCOLOR 4mm

Fachada OESTE

Air System Design Load Summary for Ed. 3		
Project Name: Cargas		09/09/2008
Prepared by: Art Ar		02:25

	DESIGN COOLING			DESIGN HEATING		
	COOLING DATA AT Jan 1600 COOLING OA DB / WB 34,7 °C / 24,4 °C			HEATING DATA AT DES HTG HEATING OA DB / WB 4,4 °C / 0,9 °C		
ZONE LOADS	Details	Sensible (W)	Latent (W)	Details	Sensible (W)	Latent (W)
Window & Skylight Solar Loads	47 m²	5211	-	47 m²	-	-
Wall Transmission	2 m²	54	-	2 m²	66	-
Roof Transmission	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Window Transmission	47 m²	2839	-	47 m²	5130	-
Skylight Transmission	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Door Loads	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Floor Transmission	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Partitions	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Ceiling	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Overhead Lighting	4374 W	3300	-	0	0	-
Task Lighting	0 W	0	-	0	0	-
Electric Equipment	10800 W	9617	-	0	0	-
People	45	2240	2704	0	0	0
Infiltration	-	0	0	-	0	0
Miscellaneous	-	0	0	-	0	0
Safety Factor	0% / 0%	0	0	0%	0	0
>> Total Zone Loads	-	23261	2704	-	5196	0
Zone Conditioning	-	25425	2704	-	-554	0
Plenum Wall Load	0%	0	-	0	0	-
Plenum Roof Load	0%	0	-	0	0	-
Plenum Lighting Load	0%	0	-	0	0	-
Return Fan Load	2159 L/s	0	-	2159 L/s	0	-
Ventilation Load	338 L/s	4002	4587	338 L/s	1026	0
Supply Fan Load	2159 L/s	400	-	2159 L/s	-400	-
Space Fan Coil Fans	-	0	-	-	0	-
Duct Heat Gain / Loss	0%	0	-	0%	0	-
>> Total System Loads	-	29826	7290	-	71	0
Central Cooling Coil	-	29826	7291	-	0	0
>> Total Conditioning	-	29826	7291	-	0	0
Key:	Positive values are cig loads Negative values are htg loads			Positive values are htg loads Negative values are cig loads		

Figura 91 – Cargas térmicas vidros – Edifício Quebec

Edifício 4 – America Business Square

Vidros:

Laminados COOL LITE BRONZE 108 4mm + PVB INCOLOR + CRISTAL INCOLOR 4mm

Fachada OESTE

Air System Design Load Summary for Ed. 4		
Project Name: Cargas		09/09/2008
Prepared by: Art Ar		02:25

	DESIGN COOLING			DESIGN HEATING		
	COOLING DATA AT Jan 1700 COOLING OA DB / WB 34,1 °C / 24,2 °C			HEATING DATA AT DES HTG HEATING OA DB / WB 4,4 °C / 0,9 °C		
ZONE LOADS	Details	Sensible (W)	Latent (W)	Details	Sensible (W)	Latent (W)
Window & Skylight Solar Loads	20 m²	2358	-	20 m²	-	-
Wall Transmission	1 m²	32	-	1 m²	32	-
Roof Transmission	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Window Transmission	20 m²	1165	-	20 m²	2185	-
Skylight Transmission	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Door Loads	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Floor Transmission	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Partitions	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Ceiling	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Overhead Lighting	810 W	624	-	0	0	-
Task Lighting	0 W	0	-	0	0	-
Electric Equipment	2000 W	1795	-	0	0	-
People	8	427	501	0	0	0
Infiltration	-	0	0	-	0	0
Miscellaneous	-	0	0	-	0	0
Safety Factor	0% / 0%	0	0	0%	0	0
>> Total Zone Loads	-	6401	501	-	2217	0
Zone Conditioning	-	6868	501	-	20	0
Plenum Wall Load	0%	0	-	0	0	-
Plenum Roof Load	0%	0	-	0	0	-
Plenum Lighting Load	0%	0	-	0	0	-
Return Fan Load	583 L/s	0	-	583 L/s	0	-
Ventilation Load	63 L/s	699	888	63 L/s	104	0
Supply Fan Load	583 L/s	108	-	583 L/s	-108	-
Space Fan Coil Fans	-	0	-	-	0	-
Duct Heat Gain / Loss	0%	0	-	0%	0	-
>> Total System Loads	-	7675	1388	-	17	0
Central Cooling Coil	-	7675	1389	-	0	0
>> Total Conditioning	-	7675	1389	-	0	0
Key:	Positive values are cig loads Negative values are htg loads			Positive values are htg loads Negative values are cig loads		

Figura 92 – Cargas térmicas vidros – Edifício America Business Square

Edifício 5 – Carlos Gomes 222

Vidros:

Laminados COOL LITE PRATA NEUTRO 140 4mm + PVB INCOLOR + CRISTAL VERDE 6mm

Fachada OESTE

Air System Design Load Summary for Ed. 5						
Project Name: Cargas					09/09/2008	
Prepared by: Art Ar					02:25	
	DESIGN COOLING			DESIGN HEATING		
	COOLING DATA AT Jan 1700 COOLING OA DB / WB 34,1 °C / 24,2 °C			HEATING DATA AT DES HTG HEATING OA DB / WB 4,4 °C / 0,9 °C		
ZONE LOADS	Details	Sensible (W)	Latent (W)	Details	Sensible (W)	Latent (W)
Window & Skylight Solar Loads	59 m ²	8172	-	59 m ²	-	-
Wall Transmission	2 m ²	66	-	2 m ²	67	-
Roof Transmission	0 m ²	0	-	0 m ²	0	-
Window Transmission	59 m ²	3456	-	59 m ²	6481	-
Skylight Transmission	0 m ²	0	-	0 m ²	0	-
Door Loads	0 m ²	0	-	0 m ²	0	-
Floor Transmission	0 m ²	0	-	0 m ²	0	-
Partitions	0 m ²	0	-	0 m ²	0	-
Ceiling	0 m ²	0	-	0 m ²	0	-
Overhead Lighting	6885 W	5305	-	0	0	-
Task Lighting	0 W	0	-	0	0	-
Electric Equipment	17000 W	15260	-	0	0	-
People	71	3629	4256	0	0	0
Infiltration	-	0	0	-	0	0
Miscellaneous	-	0	0	-	0	0
Safety Factor	0% / 0%	0	0	0%	0	0
>> Total Zone Loads	-	35888	4256	-	6548	0
Zone Conditioning	-	38698	4256	-	-1169	0
Plenum Wall Load	0%	0	-	0	0	-
Plenum Roof Load	0%	0	-	0	0	-
Plenum Lighting Load	0%	0	-	0	0	-
Return Fan Load	3268 L/s	0	-	3268 L/s	0	-
Ventilation Load	531 L/s	5810	7141	531 L/s	1825	0
Supply Fan Load	3268 L/s	605	-	3268 L/s	-605	-
Space Fan Coil Fans	-	0	-	-	0	-
Duct Heat Gain / Loss	0%	0	-	0%	0	-
>> Total System Loads	-	45113	11397	-	50	0
Central Cooling Coil	-	45113	11398	-	0	0
>> Total Conditioning	-	45113	11398	-	0	0
Key:	Positive values are clg loads Negative values are htg loads			Positive values are htg loads Negative values are clg loads		

Figura 93 – Cargas térmicas vidros – Edifício Carlos Gomes 222

Edifício 6 – Eolis

Vidros:

Laminados COOL LITE PRATA NEUTRO 150 4mm + PVB INCOLOR + CRISTAL INCOLOR 3mm

Fachada OESTE

Air System Design Load Summary for Ed. 6		
Project Name: Cargas		09/09/2008
Prepared by: Art Ar		02:25

	DESIGN COOLING			DESIGN HEATING		
	COOLING DATA AT Jan 1700 COOLING OA DB / WB 34,1 °C / 24,2 °C			HEATING DATA AT DES HTG HEATING OA DB / WB 4,4 °C / 0,9 °C		
ZONE LOADS	Details	Sensible (W)	Latent (W)	Details	Sensible (W)	Latent (W)
Window & Skylight Solar Loads	32 m²	6368	-	32 m²	-	-
Wall Transmission	1 m²	35	-	1 m²	36	-
Roof Transmission	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Window Transmission	32 m²	1852	-	32 m²	3472	-
Skylight Transmission	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Door Loads	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Floor Transmission	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Partitions	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Ceiling	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Overhead Lighting	2025 W	1560	-	0	0	-
Task Lighting	0 W	0	-	0	0	-
Electric Equipment	5000 W	4488	-	0	0	-
People	21	1067	1252	0	0	0
Infiltration	-	0	0	-	0	0
Miscellaneous	-	0	0	-	0	0
Safety Factor	0% / 0%	0	0	0%	0	0
>> Total Zone Loads	-	15371	1252	-	3508	0
Zone Conditioning	-	16789	1252	-	-107	0
Plenum Wall Load	0%	0	-	0	0	-
Plenum Roof Load	0%	0	-	0	0	-
Plenum Lighting Load	0%	0	-	0	0	-
Return Fan Load	1400 L/s	0	-	1400 L/s	0	-
Ventilation Load	156 L/s	1732	2245	156 L/s	394	0
Supply Fan Load	1400 L/s	259	-	1400 L/s	-259	-
Space Fan Coil Fans	-	0	-	-	0	-
Duct Heat Gain / Loss	0%	0	-	0%	0	-
>> Total System Loads	-	18780	3497	-	28	0
Central Cooling Coil	-	18780	3498	-	0	0
>> Total Conditioning	-	18780	3498	-	0	0
Key:	Positive values are cig loads Negative values are htg loads			Positive values are htg loads Negative values are cig loads		

Figura 94 – Cargas térmicas vidros – Edifício Eolis

Edifício 7 – CIEE RS

Vidros:

Duplos e laminados COOL LITE VERDE 114 4mm + PVB INCOLOR + CRISTAL INCOLOR 4mm + CÂMARA DE AR 10mm + CRISTAL INCOLOR 6mm

Fachada LESTE

Air System Design Load Summary for Ed. 7						
Project Name: Cargas					09/08/2008	
Prepared by: Art.Ar					05:20	
	DESIGN COOLING			DESIGN HEATING		
	COOLING DATA AT Jan 1500 COOLING OA DB / WB 35,0 °C / 24,4 °C			HEATING DATA AT DES HTG HEATING OA DB / WB 4,4 °C / 0,9 °C		
ZONE LOADS	Details	Sensible (W)	Latent (W)	Details	Sensible (W)	Latent (W)
Window & Skylight Solar Loads	56 m²	4097	-	56 m²	-	-
Wall Transmission	2 m²	72	-	2 m²	66	-
Roof Transmission	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Window Transmission	56 m²	1744	-	56 m²	3125	-
Skylight Transmission	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Door Loads	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Floor Transmission	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Partitions	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Ceiling	0 m²	0	-	0 m²	0	-
Overhead Lighting	6156 W	4538	-	0	0	-
Task Lighting	0 W	0	-	0	0	-
Electric Equipment	15200 W	13418	-	0	0	-
People	63	3055	3805	0	0	0
Infiltration	-	0	0	-	0	0
Miscellaneous	-	0	0	-	0	0
Safety Factor	0% / 0%	0	0	0%	0	0
>> Total Zone Loads	-	26923	3805	-	3191	0
Zone Conditioning	-	30750	3805	-	-1557	0
Plenum Wall Load	0%	0	-	0	0	-
Plenum Roof Load	0%	0	-	0	0	-
Plenum Lighting Load	0%	0	-	0	0	-
Return Fan Load	2461 L/s	0	-	2461 L/s	0	-
Ventilation Load	475 L/s	5774	6858	475 L/s	2060	0
Supply Fan Load	2461 L/s	456	-	2461 L/s	-456	-
Space Fan Coil Fans	-	0	-	-	0	-
Duct Heat Gain / Loss	0%	0	-	0%	0	-
>> Total System Loads	-	36980	10663	-	47	0
Central Cooling Coil	-	36981	10663	-	0	0
>> Total Conditioning	-	36981	10663	-	0	0
Key:	Positive values are cig loads Negative values are htg loads			Positive values are htg loads Negative values are cig loads		

Figura 95 – Cargas térmicas vidros – Edifício CIEE-RS

Edifício SIMULADO

Vidros:

Comuns INCOLORES 3mm

Fachada LESTE

Air System Design Load Summary for 50m ² -E-Comum		
Project Name: Cargas		09/24/2008
Prepared by: Art Ar		04:03

	DESIGN COOLING			DESIGN HEATING		
	COOLING DATA AT Jan 0900 COOLING OA DB / WB 28,3 °C / 22,6 °C			HEATING DATA AT DES HTG HEATING OA DB / WB 4,4 °C / 0,9 °C		
ZONE LOADS	Details	Sensible (W)	Latent (W)	Details	Sensible (W)	Latent (W)
Window & Skylight Solar Loads	20 m ²	5216	-	20 m ²	-	-
Wall Transmission	1 m ²	18	-	1 m ²	32	-
Roof Transmission	0 m ²	0	-	0 m ²	0	-
Window Transmission	20 m ²	668	-	20 m ²	2430	-
Skylight Transmission	0 m ²	0	-	0 m ²	0	-
Door Loads	0 m ²	0	-	0 m ²	0	-
Floor Transmission	0 m ²	0	-	0 m ²	0	-
Partitions	0 m ²	0	-	0 m ²	0	-
Ceiling	0 m ²	0	-	0 m ²	0	-
Overhead Lighting	810 W	524	-	0	0	-
Task Lighting	0 W	0	-	0	0	-
Electric Equipment	2000 W	1684	-	0	0	-
People	8	334	501	0	0	0
Infiltration	-	0	0	-	0	0
Miscellaneous	-	0	0	-	0	0
Safety Factor	0% / 0%	0	0	0%	0	0
>> Total Zone Loads	-	8445	501	-	2463	0
Zone Conditioning	-	10710	501	-	33	0
Plenum Wall Load	0%	0	-	0	0	-
Plenum Roof Load	0%	0	-	0	0	-
Plenum Lighting Load	0%	0	-	0	0	-
Return Fan Load	779 L/s	0	-	779 L/s	0	-
Ventilation Load	63 L/s	185	987	63 L/s	103	0
Supply Fan Load	779 L/s	144	-	779 L/s	-144	-
Space Fan Coil Fans	-	0	-	-	0	-
Duct Heat Gain / Loss	0%	0	-	0%	0	-
>> Total System Loads	-	11039	1488	-	-8	0
Central Cooling Coil	-	11039	1488	-	0	0
>> Total Conditioning	-	11039	1488	-	0	0
Key:	Positive values are clg loads Negative values are htg loads			Positive values are htg loads Negative values are clg loads		

Figura 96 – Cargas térmicas vidros – Edifício simulado com vidros comuns e fachada Leste

Edifício SIMULADO

Vidros:

Comuns INCOLORES 3mm

Fachada OESTE

Air System Design Load Summary for 50m²-W-Comum		09/24/2008 04:04
Project Name: Cargas		
Prepared by: Art Ar		

	DESIGN COOLING			DESIGN HEATING		
	COOLING DATA AT Dec 1700 COOLING OA DB / WB 33,5 °C / 24,2 °C			HEATING DATA AT DES HTG HEATING OA DB / WB 4,4 °C / 0,9 °C		
ZONE LOADS	Details	Sensible (W)	Latent (W)	Details	Sensible (W)	Latent (W)
Window & Skylight Solar Loads	20 m ²	5869	-	20 m ²	-	-
Wall Transmission	1 m ²	32	-	1 m ²	32	-
Roof Transmission	0 m ²	0	-	0 m ²	0	-
Window Transmission	20 m ²	1219	-	20 m ²	2430	-
Skylight Transmission	0 m ²	0	-	0 m ²	0	-
Door Loads	0 m ²	0	-	0 m ²	0	-
Floor Transmission	0 m ²	0	-	0 m ²	0	-
Partitions	0 m ²	0	-	0 m ²	0	-
Ceiling	0 m ²	0	-	0 m ²	0	-
Overhead Lighting	810 W	624	-	0	0	-
Task Lighting	0 W	0	-	0	0	-
Electric Equipment	2000 W	1795	-	0	0	-
People	8	427	501	0	0	0
Infiltration	-	0	0	-	0	0
Miscellaneous	-	0	0	-	0	0
Safety Factor	0% / 0%	0	0	0%	0	0
>> Total Zone Loads	-	9966	501	-	2463	0
Zone Conditioning	-	10895	501	-	40	0
Plenum Wall Load	0%	0	-	0	0	-
Plenum Roof Load	0%	0	-	0	0	-
Plenum Lighting Load	0%	0	-	0	0	-
Return Fan Load	912 L/s	0	-	912 L/s	0	-
Ventilation Load	63 L/s	656	966	63 L/s	110	0
Supply Fan Load	912 L/s	169	-	912 L/s	-169	-
Space Fan Coil Fans	-	0	-	-	0	-
Duct Heat Gain / Loss	0%	0	-	0%	0	-
>> Total System Loads	-	11720	1467	-	-18	0
Central Cooling Coil	-	11720	1467	-	0	0
>> Total Conditioning	-	11720	1467	-	0	0
Key:	Positive values are clg loads Negative values are htg loads			Positive values are htg loads Negative values are clg loads		

Figura 97 – Cargas térmicas vidros – Edifício simulado com vidros comuns e fachada Oeste