

## **PROPOSTA DE COEFICIENTE VOLUMÉTRICO GLOBAL DE PERDAS E GANHOS DE CALOR PARA ANÁLISE DE COMPORTAMENTO TÉRMICO DE HABITAÇÕES DE INTERESSE SOCIAL**

**Giane de C. Grigoletti (1); Miguel A. Sattler (2); Patrícia Spias (1); Sâmila Müller (1)**

(1) UFSM, Campus Camobi, Prédio 30, sala 215, Santa Maria, RS, (55)32208771, (55)32208772  
e-mail: [grigoletti@smail.ufsm.br](mailto:grigoletti@smail.ufsm.br)

(2) UFRGS, NORIE, Oswaldo Aranha, Porto Alegre, RS, (51)33163900, (55)33163954  
e-mail: [sattler@ufrgs.br](mailto:sattler@ufrgs.br)

### **RESUMO**

A ABNT (2005) desenvolveu um conjunto de normas para avaliação de desempenho higrotérmico de habitações de interesse social baseada em valores limites de parâmetros térmicos para paredes e coberturas. Estes parâmetros são: transmitância térmica, atraso térmico e fator de calor solar. No entanto, tais grandezas expressam o comportamento isolado de paredes e coberturas. Este artigo apresenta a proposta de um parâmetro que procura expressar o comportamento térmico dos fechamentos da edificação como um todo através de um coeficiente volumétrico global de perdas e ganhos de calor usando um modelo físico simplificado. O coeficiente foi definido através de estudo da bibliografia voltada ao tema e aplicado a dois projetos para definição de valores limites aceitáveis para habitações de interesse social construídas em Porto Alegre. Os dois projetos foram indicados por agentes ligados a órgãos públicos atuando no setor de habitação de interesse social. Os resultados indicam que é possível expressar o comportamento térmico da edificação através de um coeficiente global que pode ser facilmente assimilado pelos profissionais que atuam no financiamento, projeto, execução e fiscalização de habitação de interesse social.

### **ABSTRACT**

Recently ABNT (2005) established standards for thermal evaluation of low cost housing in Brazil. These standards are based on values for the thermal parameters transmittance, time delay and solar factor for wall and roof. The parameters express the behaviour of parts of housing, not its whole behaviour. This paper proposes a thermal volumetric coefficient that intends to express the whole thermal behaviour of a house. It is calculated for heat losses and gains by use of a simplified physical model. Starting from precedent studies on literature, the coefficient is defined and two low cost houses built in Porto Alegre are evaluated according to method proposed. These houses were pointed by government as the best and worst usual practice. The results indicate possibility to express the thermal behaviour of housing through a coefficient that can be easily manipulated by public and private agents linked to low cost housing sector in Brazil.

## 1. INTRODUÇÃO

Recentemente, no Brasil, um conjunto de normas foi aprovado, definindo requisitos e critérios de desempenho térmico de edificações, estabelecendo definições, procedimentos de cálculo de propriedades térmicas de fechamentos, o Zoneamento Bioclimático Brasileiro e requisitos mínimos de projeto que proporcionam condições aceitáveis de conforto térmico para habitações de interesse social de até três pavimentos (ABNT, 2005). Adicionalmente, normas voltadas ao desempenho térmico de edifícios habitacionais de até cinco pavimentos estão sendo desenvolvidas (ABNT, 2004). As normas aprovadas baseiam-se em diretrizes para os vãos de aberturas para fins de ventilação de cômodos, sombreamento de aberturas, estratégias de condicionamento térmico passivo e valores máximos para transmitância térmica, atraso térmico e fator de calor solar para as paredes e cobertura. Este conjunto de normas é um passo importante para a normalização do desempenho térmico de edificações de interesse social no Brasil, levando-se em conta problemas de conforto térmico constatados para este tipo de edificação. No entanto, a análise isolada de sistemas da edificação (aberturas, paredes, cobertura) pode não expressar o comportamento térmico real da mesma. Partindo desse pressuposto, o presente estudo apresenta uma proposta de coeficiente volumétrico global de perdas e ganhos de calor, obtido da literatura especializada, para a análise do comportamento térmico de habitações térreas unifamiliares de interesse social, baseado nas trocas térmicas entre a edificação e o meio, proporcionadas pela configuração geral do edifício (geometria e materiais). O coeficiente é aplicado a dois modelos de habitação de interesse social desenvolvidos por órgãos públicos municipais e estaduais e considerados pelos mesmos como prática aceitável e não recomendada, de acordo com a realidade social e econômica local, a fim de definir valores limites aceitáveis para o atual desenvolvimento de soluções habitacionais para a população de baixa renda.

## 2. COEFICIENTE GLOBAL DE PERDA E GANHO DE CALOR

Os coeficientes volumétricos globais de perda e ganho de calor  $GV_{inverno}$  e  $GV_{verão}$  são expressados pela razão entre a taxa de fluxo total de calor  $Q$  que atravessa todos os fechamentos da edificação e o volume total delimitado pela sua envolvente, pela diferença entre a temperatura do ar interno e externo (GIVONI, 1981, p. 331). A ISO (1999, p. 3) propõe um coeficiente de perdas térmicas similar, acrescentando as perdas através das pontes térmicas existentes na envolvente da edificação, e expresso em  $W/K$ . Coeficientes globais de transferência de calor fazem parte de normas de países como a Espanha e a Argentina (FILLIPPÍN, 2005). Estes coeficientes são importantes pois permitem a análise da envolvente da edificação como um todo, considerando as áreas de cada fechamento que compõe a envolvente (diferentes tipos de paredes, tamanhos de aberturas, cobertura, etc.). Da análise das parcelas que compõe  $GV_{inverno}$ , e  $GV_{verão}$  podem ser feitos ajustes no projeto e escolha de materiais.

### 2.1 Coeficiente global de perda de calor

Para a situação de inverno, o regime é considerado estacionário (ARZTEGUI e BRIZOLARA, 1980, p. 17; RIVERO, 1985, p. 85; GIVONI, 1981, p.126). O coeficiente global de perda de calor  $GV_{inverno}$  é dado por:

$$GV_{inverno} = \frac{Q_T}{V \times (t_e - t_i)} \quad [\text{Eq. 1}]$$

Onde:

$GV_{inverno}$  é o coeficiente volumétrico global de perda de calor, em  $\frac{W}{m^3 \cdot ^\circ C}$ ,

$Q_T$  é o fluxo total de calor que atravessa todos os fechamentos do edifício, em  $W$ ,

$V$  é o volume da edificação, em  $m^3$ ,

$t_e - t_i$  é a diferença de temperatura do ar interno e do ar externo, considerada constante, em  $^\circ C$ .

$GV_{inverno}$  é composto por contribuições diferentes que promovem a transferência de calor do interior para o exterior da edificação: renovação do ar interior através de infiltrações, perdas térmicas através de fechamentos opacos (paredes, coberturas, pisos, portas, janelas com proteção opaca, etc.) e perdas térmicas através de fechamentos transparentes (superfícies envidraçadas, transparentes ou translúcidas). Desta forma, tem-se:

$$GV_{inverno} = GV_{Infiltração} + GV_{paredes} + GV_{cobertura} + GV_{piso} + GV_{porta} + GV_{janela} + \dots \quad [\text{Eq. 2}]$$

Cada um dos coeficientes volumétricos parciais de perda de calor que compõe as parcelas da equação 2, com exceção de  $GV_{Infiltração}$ , pode ser obtido considerando-se que a taxa de fluxo de calor  $Q$ , é dada por:

$$Q = U \times (t_e - t_i) \times A \quad [\text{Eq. 3}]$$

Onde:

$Q$  é o fluxo de calor que atravessa a superfície de área  $A$ , em  $W$ ,

$U$  é a transmitância térmica do fechamento, em  $\frac{W}{m^2 \text{ } ^\circ C}$ ,

$t_e - t_i$  é a diferença de temperatura do ar interno e do ar externo, considerada constante, em  $^\circ C$ ,

$A$  é a área de cada uma das superfícies, em  $m^2$ .

Para o coeficiente volumétrico de perda de calor, devido à infiltração de ar através das frestas não controláveis em esquadrias,  $GV_{Infiltração}$ , tem-se:

$$GV_{Infiltração} = 1.200 \times N \quad [\text{Eq. 4}]$$

Onde:

$GV_{Infiltração}$  é o coeficiente volumétrico de perda de calor devido à infiltração, em  $\frac{W}{m^3 \text{ } ^\circ C}$ ,

$1.200$  é uma constante que relaciona a massa específica do ar ( $1,2 \frac{kg}{m^3}$ ) e o calor específico à pressão

constante do ar ( $1.000 \frac{J}{kg \text{ } ^\circ C}$ ),

$N$  é o número de renovações de ar por segundo.

Quando o valor da *Infiltração* para as esquadrias é conhecido,  $N$  é definido pela relação:

$$N = \frac{\text{Infiltração}}{V} \quad [\text{Eq. 5}]$$

Onde  $V$  é o volume da edificação, em  $m^3$  e a *Infiltração* é dada em  $\frac{m^3}{s}$ .

O cálculo da *Infiltração* é feito para um horário em que as aberturas estão fechadas (noite e madrugada), segundo o método proposto pela ASHRAE (2005), por este permitir considerar as condições do sítio de implantação das habitações, seu volume e a área das esquadrias. A *Infiltração* é calculada a partir da expressão que segue.

$$\text{Infiltração} = \frac{A_{\text{frestas}}}{1.000} \times \sqrt{0,000145 \times (t_i - t_e) + 0,001994} \quad [\text{Eq. 6}]$$

Onde:

*Infiltração* é a taxa de infiltração de ar no ambiente, em  $\frac{m^3}{s}$ ,

$A_{\text{frestas}}$  é a área das frestas, em  $cm^2$ ,

$t_i$  é a temperatura do ar interno, em  $^{\circ}C$ ,

$t_e$  é a temperatura do ar externo, em  $^{\circ}C$ .

A área das frestas  $A_{\text{frestas}}$  é obtida a partir da área total de esquadrias da habitação (portas e janelas)  $A_{\text{esquadrias}}$  através da expressão<sup>1</sup>:

$$A_{\text{frestas}} = 10,4 \times A_{\text{esquadrias}} \quad [\text{Eq. 7}]$$

Onde:

$A_{\text{frestas}}$  é a área das frestas, em  $cm^2$ ,

$A_{\text{esquadrias}}$  é a área total de esquadrias (portas e janelas), em  $m^2$ .

## 2.2 Coeficiente volumétrico global de ganho de calor

O coeficiente volumétrico global de ganho de calor  $GV_{\text{verão}}$  é definido de forma similar ao  $GV_{\text{inverno}}$ :

$$GV_{\text{verão}} = \frac{Q_T}{V \times (t_e - t_i)} \quad [\text{Eq. 8}]$$

O valor do fluxo máximo de calor  $Q_{\text{máx}}$  é encontrado a partir do horário correspondente à maior temperatura ar-sol  $T_{\text{ar-sol}}$ , de acordo com a orientação solar, para cada componente da envolvente da edificação. Para um determinado horário, o fluxo de calor  $Q$  considerado não é máximo em todos os componentes da envolvente. No entanto, buscando a simplificação no cálculo do coeficiente, embora não represente a situação real, assume-se que os fluxos de calor  $Q$  para cada componente deverão ser tomados em seu valor máximo. Apresenta-se o método adotado para o cálculo segundo cada componente básico da edificação: fechamentos transparentes e opacos. Para os fechamentos transparentes, a densidade máxima de fluxo de calor  $q_{\text{máx}}$  é calculada através da expressão (MARKUS e MORRIS, 1980, p. 327):

$$q_{\text{máx}} = FCS \times I_g + U \times (t_e - \bar{t}_i) \quad [\text{Eq. 9}]$$

Onde:

$q_{\text{máx}}$  é a densidade máxima de fluxo de calor, em  $\frac{W}{m^2}$ ,

$FCS$  é o fator de calor solar da abertura, sendo uma grandeza adimensional,

$I_g$  é a intensidade de radiação solar global incidente sobre a abertura, em  $\frac{W}{m^2}$ ,

---

<sup>1</sup> O fator 10,4 é a taxa de frestas, em  $cm^2$ , por  $m^2$  de área de esquadria, para a situação mais desfavorável, conforme a ASHRAE (2005, p. 29.6).

$U$  é a transmitância térmica da abertura em  $\frac{W}{m^2 \text{ } ^\circ C}$ ,

$t_e$  é a temperatura do ar externo de cálculo, em  $^\circ C$ ,

$\bar{t}_i$  é a temperatura do ar interno média de cálculo, em  $^\circ C$ .

O valor do fluxo máximo de calor  $Q_{m\acute{a}x}$  é dado por:

$$Q_{m\acute{a}x} = q_{m\acute{a}x} \times A \quad [\text{Eq. 10}]$$

Onde:

$Q_{m\acute{a}x}$  é o fluxo máximo de calor que atravessa a superfície de área  $A$ , em  $W$ ,

$q_{m\acute{a}x}$  é a densidade de fluxo de calor, em  $\frac{W}{m^2}$ ,

$A$  é a área da superfície atravessada pela densidade de fluxo de calor  $q$ , em  $m^2$ .

A temperatura máxima superficial interna  $t_{sim\acute{a}x}$  dos fechamentos transparentes (vidros comuns) é obtida da expressão (RIVERO, 1985, p. 96):

$$t_{sim\acute{a}x} = t_e + 7 \quad [\text{Eq. 11}]$$

Onde:

$t_{sim\acute{a}x}$  é a temperatura máxima superficial interna atingida pelo fechamento transparente, em  $^\circ C$ ,

$t_e$  é a temperatura do ar externo de base, em  $^\circ C$ .

Para análise, considera-se a temperatura do ar externo  $t_e$  como sendo a máxima.

Para o cálculo do fluxo máximo de calor  $Q_{m\acute{a}x}$  através dos fechamentos opacos, com exceção do piso, é necessário o conhecimento da temperatura ar-sol média  $\bar{T}_{ar-sol}$  e máxima  $T_{ar-solm\acute{a}x}$ , segundo a orientação solar do componente sendo calculado. A temperatura média superficial interna  $\bar{t}_{si}$  do componente é obtida a partir da temperatura ar-sol média  $\bar{T}_{ar-sol}$ , de acordo com a expressão (RIVERO, 1985, p. 217):

$$\bar{t}_{si} = \bar{t}_i + R_{si} \times U \times (\bar{T}_{ar-sol} - \bar{t}_i) \quad [\text{Eq. 12}]$$

Onde:

$\bar{t}_{si}$  é a temperatura média superficial interna do componente, em  $^\circ C$ ,

$\bar{t}_i$  é a temperatura média do ar interno de cálculo, em  $^\circ C$ ,

$R_{si}$  é a resistência superficial interna, em  $\frac{m^2 \text{ } ^\circ C}{W}$ ,

$U$  é a transmitância térmica do componente, em  $\frac{W}{m^2 \text{ } ^\circ C}$ ,

$\bar{T}_{ar-sol}$  é a temperatura ar-sol média para a orientação solar do componente, em  $^\circ C$ .

O valor de temperatura média do ar interno  $\bar{t}_i$  assumida nos cálculos do presente estudo é igual a temperatura do ar do limite superior da zona de conforto de GIVONI (1992), ou seja, igual a  $29,0 \text{ } ^\circ C$ .

Uma vez conhecida a temperatura média superficial interna  $\overline{t_{si}}$  do componente é possível encontrar o valor da temperatura máxima superficial interna  $t_{simax}$  atingida pelo componente através da expressão:

$$t_{simax} = \overline{t_{si}} + \mu \times (T_{ar-solmax} - \overline{T_{ar-sol}}) \quad [\text{Eq. 13}]$$

Onde:

$t_{simax}$  é a temperatura máxima superficial interna, em °C,

$\overline{t_{si}}$  é a temperatura média superficial interna do componente, em °C,

$\mu$  é o coeficiente de amortecimento do componente, grandeza adimensional,

$T_{ar-solmax}$  é a temperatura ar-sol máxima para a orientação solar do componente, em °C,

$\overline{T_{ar-sol}}$  é a temperatura ar-sol média para a orientação solar do componente, em °C.

A densidade máxima de fluxo de calor  $q_{max}$  é dada em função da temperatura máxima superficial interna  $t_{simax}$  através da expressão:

$$q_{max} = \frac{1}{R_{si}} \times (t_{simax} - \overline{t_i}) \quad [\text{Eq. 14}]$$

Onde:

$q_{max}$  é a densidade máxima de fluxo de calor, em  $\frac{W}{m^2}$ ,

$R_{si}$  é a resistência superficial interna, em  $\frac{m^2 \cdot ^\circ C}{W}$ ,

$t_{simax}$  é a temperatura máxima superficial interna, em °C,

$\overline{t_i}$  é a temperatura média do ar interno de cálculo, em °C.

O fluxo máximo de calor  $Q_{max}$  é calculado através da expressão:

$$Q_{max} = q_{max} \times A \quad [\text{Eq. 15}]$$

Onde:

$Q_{max}$  é o fluxo máximo de calor que atravessa a superfície de área  $A$ , em  $W$ ,

$q_{max}$  é a densidade máxima de fluxo de calor, em  $\frac{W}{m^2}$ ,

$A$  é a área da superfície atravessada pela densidade de fluxo de calor  $q$ , em  $m^2$ .

Para o cálculo da densidade máxima de fluxo de calor  $q_{max}$  através da cobertura adota-se o procedimento indicado pela ABNT (2005).

O piso (em contato com o solo) possui uma inércia térmica que mantém sua temperatura relativamente constante ao longo do dia e do ano. TURIK (1988, p. 176) propõe que o cálculo da densidade de fluxo de calor  $q$ , através do piso, seja feito a partir de uma temperatura externa  $t_e$  igual à média mensal da temperatura do ar do mês mais quente. A temperatura máxima superficial interna do piso  $t_{simax}$  é dada pela expressão:

$$t_{simax} = q_{max} \times R_{si} + t_i \quad [\text{Eq. 16}]$$

Para a equação 16, tem-se que:

$t_{simax}$  é a temperatura máxima superficial interna do piso, em °C,

$q_{max}$  é a densidade máxima de fluxo de calor através do piso, em  $\frac{W}{m^2}$ ,

$R_{si}$  é a resistência superficial interna, em  $\frac{m^2 \cdot ^\circ C}{W}$ ,

$t_i$  é a temperatura do ar interno, em °C.

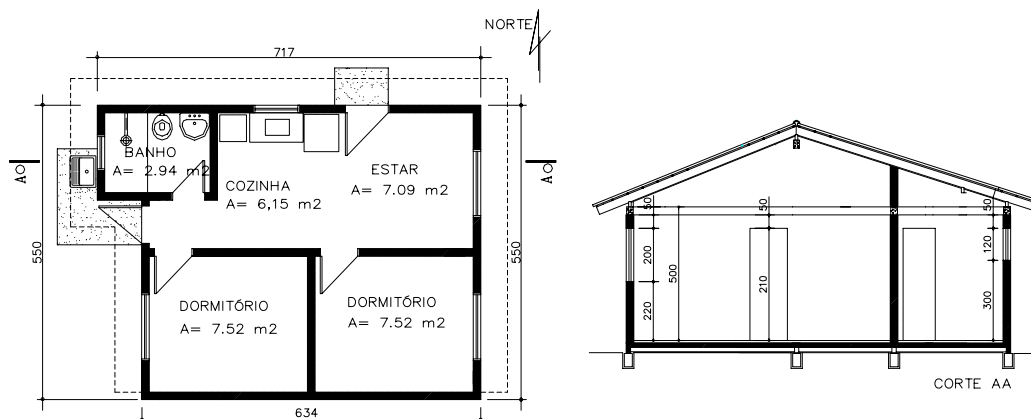
### 3. ANÁLISE DOS PROJETOS DE REFERÊNCIA

As condições climáticas adotadas, para fins de cálculo dos coeficientes volumétricos globais para situação de Porto Alegre, são representadas na tabela 1.

**Tabela 1. Exigências higrotérmicas de inverno e verão para Porto Alegre**

exigências de inverno	exigências de verão
temperatura do ar externo de cálculo: $t_e = 7,5 \text{ }^\circ\text{C}$ (dia típico de inverno – nível 10%)	temperatura máx. do ar externo de base: $33,5 \text{ }^\circ\text{C}$
amplitude típica da onda de temperatura do ar externo dos dias considerados frios: $10,0 \text{ }^\circ\text{C}$	temperatura mín. do ar externo de base: $23,0 \text{ }^\circ\text{C}$
umidade relativa média do ar dos dias considerados frios: UR = 95,0 %	umidade relativa do ar concomitante à temperatura do ar externo de base máxima: UR = 72,0 %
temperatura do ar interno de cálculo: $t_i = 18,0 \text{ }^\circ\text{C}$	temperatura do ar interno de cálculo: $t_i = 29,0 \text{ }^\circ\text{C}$
velocidade do ar: $v = 2,5 \text{ m/s}$ (dia típico de inverno – nível 10%)	radiação solar global I (ARZTEGUI, 1980, p.61)

Os dois projetos de referência diferem entre si na especificação do envelope da edificação, tendo a mesma compartimentação, orientação solar e tamanho e disposição de aberturas, como indicado na figura 1e nas tabelas 2 e 3.



**Figura 1. Planta baixa e corte dos projetos indicados pelos órgãos públicos**

**Tabela 2. Descrição física das paredes, cobertura e pisos dos projetos analisados**

fechamentos	características físicas projeto 1	características físicas projeto 2
paredes externas	tijolos furados (0,225 m), argamassa de revest. externo e assentamento de espessura 0,015 m, pintura de cor clara	placas de concreto maciço pré-moldadas, espessura 0,005 m, com pintura de cor clara
paredes internas	tijolos maciços, furados ou blocos cerâmicos, com argamassa de assentamento de espessura 0,015 m	parede em placas de concreto maciço pré-moldadas, espessura 0,005 m
cobertura	telha de fibrocimento de 5 mm, forro em madeira acompanhando a inclinação da cobertura com 0,01 m de espessura	telha fibrocimento, espessura 5 mm, forro em madeira acompanhando a inclinação da cobertura com 0,005 m de espessura
piso	contrapiso com 0,05 m de brita e 0,07 m de concreto, argamassa de regularização 0,02 m	contrapiso com 0,05 m de brita e 0,07 m de concreto, argamassa de regularização 0,02 m
portas / janelas	chapa metálica, postigo basculante de 0,70 m × 0,90 m de vidro cancelado, pintura antiferrugem escura / de correr, chapa metálica com veneziana e vidro 0,003 m, pintura antiferrugem escura	chapa metálica, postigo basculante de 0,70 m × 0,90 m de vidro cancelado, com pintura antiferrugem escura / de correr, chapa metálica com veneziana e vidro 0,003 m, pintura antiferrugem escura

**Tabela 3. Parâmetros térmicos dos fechamentos dos projetos indicados pelos órgãos públicos**

parâmetros térmicos	projeto 1			projeto 2		
	$U \left( \frac{W}{m^2 \cdot C} \right)$	$\phi$ (h)	FCS (%)	$U \left( \frac{W}{m^2 \cdot C} \right)$	$\phi$ (h)	FCS (%)
paredes	2,91	3,39	3,49	5,04	1,30	6,05
cobertura inverno	2,80	1,14	5,60	3,12	0,73	6,24
cobertura verão	2,01	1,31	4,02	2,17	0,86	4,34
pisos	0,90	-	-	0,90	-	-

Os coeficientes volumétricos parciais  $GV_i$  e coeficiente volumétrico global de perda de calor  $GV_{inverno}$  para os dois projetos são apresentados na tabela 4.

**Tabela 4. Coeficientes volumétricos parciais e globais de perda de calor**

contribuições	projeto 1		projeto 2	
	$GV_i \left( \frac{W}{m^3 \cdot C} \right)$	percentagem (%)	$GV_i \left( \frac{W}{m^3 \cdot C} \right)$	percentagem (%)
infiltração de ar	0,0562	1,49	0,0562	1,06
paredes	2,0260	53,59	3,3779	64,72
portas	0,1800	4,76	0,1800	3,41
janelas	0,2057	5,45	0,2057	3,89
cobertura	0,9848	26,05	1,0974	20,74
pisos	0,3276	8,67	0,3276	6,19
<b><math>GV_{inverno}</math></b>	<b>3,7804</b>	<b>100,00</b>	<b>5,2917</b>	<b>100,0</b>

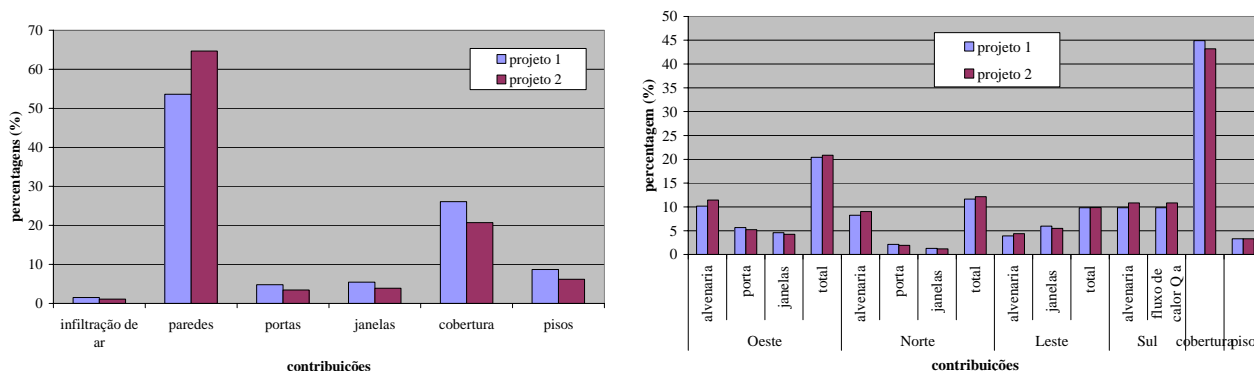
A tabela 5 apresenta os fluxos máximos de calor  $Q_{máx}$  para os diferentes fechamentos que compõem a envolvente do projeto 1 e do projeto 2, os respectivos coeficientes volumétricos parciais de ganhos de



calor  $GV_i$  e o coeficiente volumétrico global de ganho de calor  $GV_{ver\tilde{a}o}$ . A figura 2 apresenta os resultados, em percentagens, para os coeficientes de perdas e ganhos de calor.

**Tabela 5. Coeficiente volumétrico global de ganho de calor**

	fechamentos	$Q_{m\acute{a}x}$ (W)	$GV_i$ ( $\frac{W}{m^3 \cdot ^\circ C}$ )	Perc. (%)
<b>orientação</b>		proj. 1/proj. 2	proj. 1/proj. 2	proj. 1/proj. 2
<b>Oeste</b>	alv. de tijolo / concreto	854,74 / 1.048,68	1,8599 / 2,2831	10,14 / 11,43
	porta	478,62 / 478,62	1,0420 / 1,0420	5,68 / 5,22
	janelas	388,94 / 388,94	0,8468 / 0,8468	4,61 / 4,24
	fluxo de calor Q	1.722,30 / 1.916,24	$\Sigma GV_i = 3,7497 / 4,1720$	20,43 / 20,88
<b>Norte</b>	alv. de tijolo / concreto	695,03 / 829,14	1,5132 / 1,8052	8,24 / 9,04
	porta	177,40 / 177,40	0,3862 / 0,3862	2,10 / 1,93
	janelas	107,92 / 107,92	0,2350 / 0,2350	1,29 / 1,18
	fluxo de calor Q	980,35 / 1.114,46	$\Sigma GV_i = 2,1344 / 2,4264$	11,63 / 12,15
<b>Leste</b>	alv. de tijolo / concreto	328,60 / 404,89	0,7154 / 0,8815	3,90 / 4,41
	janelas	500,62 / 500,62	1,0899 / 1,0899	5,94 / 5,46
	fluxo de calor Q a Leste	829,22 / 905,51	$\Sigma GV_i = 1,8053 / 1,9714$	9,84 / 9,87
<b>Sul</b>	alv. de tijolo / concreto	829,72 / 994,85	1,8065 / 2,1659	9,84 / 10,84
	fluxo de calor Q a Sul	829,72 / 994,85	$\Sigma GV_i = 1,8064 / 2,1659$	9,84 / 10,84
<b>horizontal</b>	fluxo de calor Q p/cob.	3.788,20 / 3.965,54	$\Sigma GV_i = 8,2475 / 8,6336$	44,94 / 43,22
<b>horizontal</b>	fluxo de calor Q p/ piso	- 279,17 / - 279,17	$\Sigma GV_i = -0,6078 / -0,6078$	3,31 / 3,31
	<b>fluxo total</b>	<b>7.870,68 / 8.617,43</b>	<b><math>GV_{ver\tilde{a}o} = 17,1356/18,7615</math></b>	<b>100,00</b>



**Figura 2. Coeficientes volumétricos globais de perda e ganho de calor em percentagem**

#### 4. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Os resultados atingidos pelos dois projetos apresentados neste artigo demonstram que o coeficiente volumétrico global pode ser um parâmetro que venha a contribuir com uma interpretação do comportamento térmico de edificações como um todo. Os valores expressos em percentagens da contribuição de cada elemento da envolvente da edificação permitem que o projetista tenha um domínio mais acurado de possíveis escolhas a serem feitas para materiais e configuração geral da edificação. Para os dois projetos analisados, a diferença entre os coeficientes volumétricos globais foi de quase duas unidades. Levando-se em conta que o projeto 2 é considerado como uma solução

desaconselhável, segundo os órgãos públicos consultados, para as condições climáticas de Porto Alegre, o resultado encontrado para o coeficiente reproduz o resultado esperado. Ou seja, quanto maior o coeficiente volumétrico global de perdas ou ganhos de calor, mais desfavorável é a solução. Este coeficiente pode ser utilizado para fins de comparação de projetos com configuração volumétrica e compartimentação diferentes ou mesma configuração e compartimentação, mas materiais diferentes. Os cálculos envolvidos no processo podem facilmente ser sistematizados em planilhas através do uso de programas computacionais simples, o que facilita a averiguação de possíveis soluções, aspecto importante se for considerado seu emprego por agentes ligados a órgãos públicos ou privados do setor. Embora ele envolva simplificações, tais como assumir fluxos máximos simultâneos em todos os fechamentos e a manutenção das temperaturas internas constantes, o parâmetro proposto permite a comparação de soluções diferentes, não em termos absolutos. A análise da edificação como um todo pode envolver outros parâmetros térmicos, tais como possibilidade de condensação sobre fechamentos, assimetria de radiação térmica. A aplicação a um grupo mais amplo de projetos de referência submetidos a outras avaliações (principalmente a do usuário) permitirá a definição de valores de referência possíveis para habitações voltadas a diferentes faixas de renda.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT (2005) *NBR 15220: Desempenho térmico de edificações* Partes 1, 2 e 3. Associação Brasileira de Normas Técnicas. Rio de Janeiro.
- ABNT (2004). *Projeto 02:136.01.001. Desempenho de edifícios habitacionais de até cinco pavimentos*. Partes 1, 4 e 5. Associação Brasileira de Normas Técnicas. Rio de Janeiro.
- AROZTEGUI, José Miguel (1980). *Método para projeto e avaliação de pára-sóis externos visando à otimização do seu desempenho térmico para um clima dado*. PPGEC / UFRGS. Porto Alegre.
- AROZTEGUI, J. M.; BRIZOLARA, A. (1980). *Abordagem do estabelecimento de exigências de desempenho térmico das paredes feitas de concreto de diversos tipos, quando aplicadas à habitação popular*. PPGEC / UFRGS. Porto Alegre.
- ASHRAE (2005) *Handbook of fundamentals*. American Society of Heating, Refrigerating Air-Conditioning Engineers. New York.
- FILLIPPÍN, C. (2005) Energy use of buildings in central Argentina. *Journal of Building Physics*, vol. 29. p. 69-89.
- GIVONI, Baruch (1992) Comfort, climate analysis and building design guidelines. *Energy and Buildings*. vol. 18. p. 11-23.
- GIVONI, Baruch (1981) *Man, climate and architecture*. Applied Science. London.
- ISO (1999) ISO 13789: *Thermal performance of buildings: transmission heat loss coefficient: calculation method*. First Edition. International Organization for Standardization. Geneva.
- MARKUS, T. A.; MORRIS, E. N. (1980) *Buildings, climate and energy*. Pitman. London.
- RIVERO, R. (1985). *Arquitetura e clima: acondicionamento térmico natural*. DC Luzzatto. Porto Alegre.
- TURIK, Nelson (1988) *Estabelecimento de exigências de desempenho higrotérmico da envolvente de habitações populares térreas*. Dissertação. UFRGS. Porto Alegre.