

ANÁLISE DO DESEMPENHO TÉRMICO DE ENVOLTÓRIAS EM ALVENARIA ESTRUTURAL

Mariana Silveira de Barros Ribeiro (1); Roberta Vieira Gonçalves de Souza (2)

(1) Arquiteta, Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de estruturas,
msbribeiro@yahoo.com.br

(2) Dra, Professora do Departamento de Tecnologia, roberta@arq.ufmg.br
Universidade Federal de Minas Gerais, Departamento de Tecnologia, Laboratório de Conforto Ambiental -
LABCON, Rua Paraíba, 697, Funcionários. Belo Horizonte - MG, 30.130-140, Tel.: (31) 3409-8872

RESUMO

O consumo de energia elétrica de uma edificação está diretamente ligado às condições de conforto térmico apresentada pela mesma. Para que apresente boas condições no ambiente interno é necessário um projeto racional, que leve em consideração a orientação e avaliando os materiais a serem utilizados.

Visto que o sistema estrutural em alvenaria tem sido bastante utilizado na construção civil, e que apresenta um processo racionalizado, econômico e de ágil execução, é importante analisarmos o desempenho térmico de envoltórias de alvenaria estrutural, avaliando os blocos dos diversos tipos disponíveis no mercado para direcionar projetos arquitetônicos e estruturais.

Utilizando a "Tabela de Avaliação de Desempenho Térmico de Sistemas Construtivos" desenvolvida por Souza & Pereira (2004) e o programa ARQUITROP (disponível em www.labee.ufsc.br) para obter-se o valor de transmissão de calor dos sistemas de vedação, foram verificados o ganho e perda de calor nos solstícios de verão e inverno em uma edificação típica construída em alvenaria estrutural, em horários extremos, resultando em diretrizes projetuais iniciais para um melhor desempenho térmico da edificação em alvenaria estrutural para Belo Horizonte.

Palavras-chave: alvenaria estrutural; desempenho térmico de envoltória; diretrizes projetuais.

ABSTRACT

The electric power consumption of a building is directly connected to conditions of thermal comfort provided by the same. In order to obtain adequate internal conditions for the internal environment a rational design is needed, which takes into account the environmental comfort, evaluating the materials to be used.

Once the structural system in masonry has been largely used in construction, and that it gives a streamlined and economic process, and a non expeditious implementation, it is important to analyze the thermal performance of the masonry structures, evaluating the different types of blocks available in the target market for architectural and structural projects.

Using the "Table for Evaluation of Thermal Performance Systems constructive" developed by Souza & Pereira (2004) and the program ARQUITROP (available at www.labee.ufsc.br) to obtain the masonry systems heat transmission, as the gain and heat loss of the summer and winter solstices in a typical building constructed in structural masonry, resulting in guidelines for a better thermal performance for the city of Belo Horizonte.

Keywords: structural masonry, thermal performance of the building envelope; design guidelines.

1. INTRODUÇÃO

Na segunda metade do século XX, principalmente após a crise energética de 1973 nos EUA, as pesquisas nos países de primeiro mundo sobre o uso racional e conservação de energia tomaram grande relevância (CRUZ et al, 2004). Sabemos que consumo energético das edificações está diretamente ligado com seu conforto ambiental, o que pode ser estimado através de simulações anteriores a sua construção, reduzindo custos a curto, médio e longo prazo (ROMERO et al, 2007).

A preocupação com a sustentabilidade energética e ambiental das edificações extrapola o consumo energético ao longo da vida útil do edifício e deve ser considerada desde sua construção. O sistema construtivo a ser adotado deve ser avaliado buscando a racionalidade da construção, com um mínimo consumo de energia e um máximo desempenho nesse processo. A utilização do sistema em Alvenaria Estrutural tem apresentado resultados positivos como processo construtivo racionalizado com baixo consumo de energia e baixo custo de investimento, aliado a rapidez na construção (RAUBER et al, 2005).

Nesse sentido, é necessário que se faça uma análise do desempenho térmico de envoltórias em alvenaria estrutural composta pelos diferentes blocos encontrados no mercado. É importante destacar que através dessas análises teremos indicações, diretrizes para projetos. Neste trabalho, válidas para a cidade de Belo Horizonte.

1.1. Os blocos do sistema construtivo em Alvenaria Estrutural

No sistema em alvenaria estrutural, a parede desempenha as funções estruturais e de vedação. Composta por blocos e argamassa, a alvenaria pode ser armada ou não, e a sua resistência está diretamente associada à resistência do bloco adotado. Encontram-se no mercado blocos de diferentes resistências e diferentes dimensões. Segundo a Norma Brasileira, os blocos estruturais cerâmicos e de concreto devem seguir as dimensões encontradas nas Tabelas 1 e 2. Já os blocos estruturais em Concreto Celular Auto-clavado devem seguir as dimensões dos blocos de concreto, segundo a NBR 13438/95, porém encontram-se também no mercado blocos com dimensões diferentes das recomendadas em norma. Para esse trabalho serão consideradas as dimensões normatizadas.

Tabela 1 - Dimensões reais dos Blocos modulares e submodulares de Concreto, segundo NBR 6136.

Dimensão	Designação	Dimensões coordenadas (mm)		
		Largura	Altura	Comprimento
20	M20	190	190	190
		190	190	390
15	M15	140	190	190
		140	190	390

Obs: A ABNT (1982), NBR 5712, ainda considera a dimensão de 90mm para o comprimento e para a meia altura dos blocos modulares de concreto.

Tabela 2 - Dimensões reais dos Blocos modulares e submodulares de cerâmica, segundo NBR 7171.

Dimensão(cm)	Designação	Dimensões coordenadas (mm)		
		Largura	Altura	Comprimento
20	M20	190	190	190
		190	190	240
		190	190	290
		190	190	390
15	M15	140	190	190
		140	190	240
		140	190	290
		140	190	390

A escolha do bloco influencia no comportamento final da estrutura. O comprimento do bloco adotado irá indicar a modulação que será utilizada na construção, e a espessura escolhida será de fundamental importância para o encaixe dos blocos, de maneira a ter-se, sempre que possível, uma amarração direta entre

as paredes nas diversas fiadas. A amarração direta é o “entrosamento alternado de fiadas, permitindo a interação de paredes por existirem caminhos alternativos para o fluxo de cargas, que começa em uma parede e se espalha por paredes adjacentes” (CORRÊA & RAMALHO, 1994), de modo que as paredes mais carregadas se aliviem nas menos carregadas, uniformizando as tensões (ver Figura 1). Quando a espessura e o comprimento do bloco não possuem a mesma modulação, é necessário o uso de blocos especiais, que farão a adaptação para possibilitar as amarrações diretas.

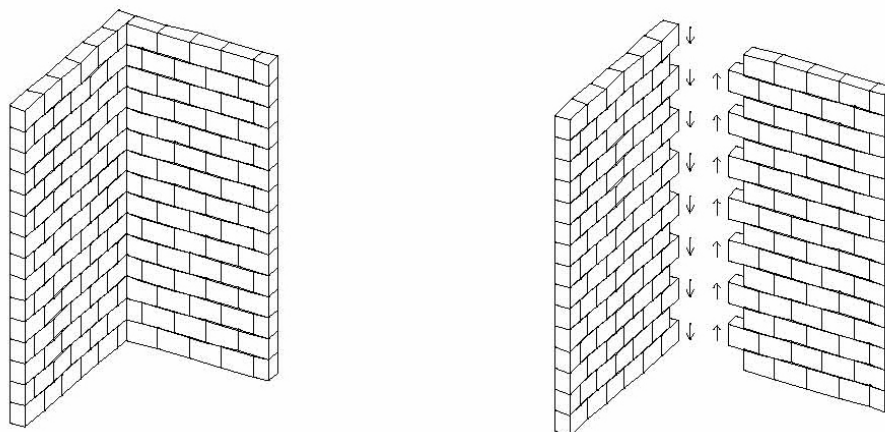


Figura 2 – Interação entre parede nos cantos. Fonte: Corrêa & Ramalho, 1993.

A espessura do bloco também representa um fator de carga na estrutura, pois quanto mais espesso o bloco, maior sua carga própria, requisitando uma maior resistência à compressão. Desta maneira, os blocos de espessura menos são os mais utilizados, pois geram estruturas mais leves e mais econômicas, sendo o custo do bloco diretamente proporcional a sua resistência.

O material do bloco influi diretamente no peso próprio do bloco, influenciando na resistência necessária para a parede final. Além disso, o material do bloco apresenta características térmicas que influirão no desempenho térmico da envoltória.

2. OBJETIVO

O objetivo deste artigo é analisar o desempenho térmico de paredes de alvenaria estrutural utilizando materiais diferentes e de espessuras diversas, indicando algumas diretrizes projetuais para futuras construções na cidade de Belo Horizonte.

3. MÉTODO

Para a análise do desempenho térmico das diferentes envoltórias, foram selecionados 48 casos, divididos em 6 módulos, que relacionam painéis de paredes com materiais diferentes (como mostra a Tabela 4), e orientações de fachada diferentes (de acordo com a Tabela 5). Os painéis foram analisados quanto ao ganho e perda de calor através da envoltória utilizando a “Tabela de Avaliação de Desempenho Térmico de Sistemas Construtivos” desenvolvida por Souza & Pereira (ENTAC 2004) em uma disciplina de pós-graduação de Ensino sobre Conforto Ambiental do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil da UFSC.

A tabela utilizada analisa as condições térmicas da edificação nos dias críticos de inverno e de verão em termos do desempenho térmico da edificação. Assim pode-se, parametricamente, analisar os possíveis ganhos e perdas nos extremos de calor, considerando-se os ganhos por radiação solar no solstício de verão e as perdas máximas ocorridas às 6:00h da manhã no solstício de inverno. Tem-se, então, as primeiras diretrizes para o projeto arquitetônico, bem como noção das características físicas do objeto a ser construído.

3.1. Definição do projeto e os casos a serem analisados

Para analisarem-se as perdas e ganhos de calor, utilizou-se um exemplo típico de projeto executado em Alvenaria Estrutural nas construções para média e baixa renda em Belo Horizonte e também em várias cidades do país. Trata-se de um prédio de 4 pavimentos com 4 apartamentos por pavimento, planta de partido H, com dimensões próximas e de dupla simetria, apresentado na Figura 2. Foram consideradas só as áreas e volumes correspondentes aos apartamentos, pois não se considerou, neste momento, relevante a observação do conforto térmico dos locais de circulação vertical e horizontal do edifício.

Assim sendo, há dois tipos de fachada: uma com seis aberturas por pavimento, e uma seccionada pela circulação vertical, com apenas duas aberturas por pavimento. As áreas totais, bem como a área de abertura e opaca de cada fachada estão detalhadas na Tabela 3.

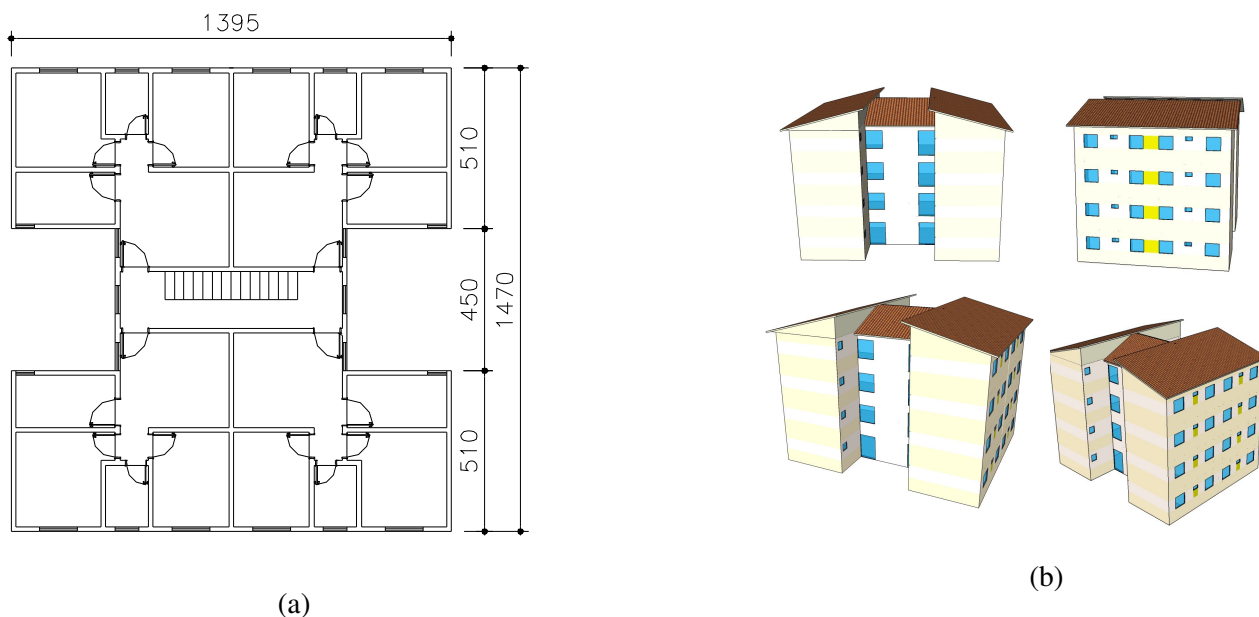
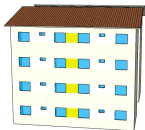



Figura 2 – Projeto adotado: (a) Planta do pavimento típico e (b) perspectivas.

Tabela 3: Fachadas da edificação analisada.

Fachada 1	Fachada 2
6 aberturas	2 aberturas
Área total= $13,95\text{m} \times 2,80\text{m} \times 4 = 156,24 \text{ m}^2$	Área total= $5,10\text{m} \times 2,00\text{m} \times 2,80\text{m} \times 4 = 114,24\text{m}^2$
Área de aberturas = $(4\text{m} \times 1,20\text{m} \times 1,00\text{m} + 2\text{m} \times 0,60\text{m} \times 0,75\text{m}) \times 4 = 22,80 \text{ m}^2$	Área de aberturas = $(2,00\text{m} \times 0,90\text{m} \times 2,00\text{m}) \times 4 = 3,60 \text{ m}^2$
Área opaca = $152,64\text{m}^2$	Área opaca = $91,44 \text{ m}^2$
	
O volume de ar considerado foi de $1593,65 \text{ m}^3$ ($10,2\text{m} \times 13,95\text{m} \times 2,80\text{m} \times 4$)	

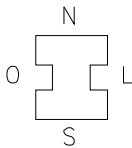
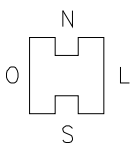
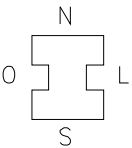
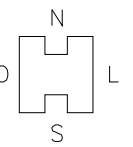
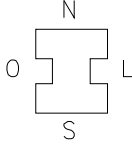
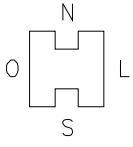
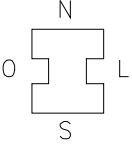
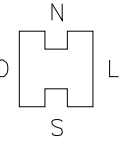
Para fazer-se uma primeira análise, utilizaram-se seis módulos, que comparam os blocos estruturais mais comumente encontrados no mercado (M15 e M20), com tipos de revestimento diferenciados, indicados na Tabela 4.

Tabela 4 – Módulos adotados.

	MÓDULO 1	MODULO 2	MÓDULO 3	MÓDULO 4	MÓDULO 5	MÓDULO 6
BLOCO ESTRUTURAL	M15	M20	M15	M20	M15	M20
REVEST. EXTERNO	ARGAMASSA 0,5 cm	ARGAMASSA 0,5 cm	ARGAMASSA 0,5 cm	ARGAMASSA 0,5 cm	ARGAMASSA 1 cm	ARGAMASSA 1 cm
REVEST. INTERNO	GESSO 0,5 cm	GESSO 0,5 cm	ARGAMASSA 0,5 cm	ARGAMASSA 0,5 cm	ARGAMASSA 1 cm	ARGAMASSA 1 cm

Em cada módulo foram analisados 6 casos, variando-se os materiais dos blocos comumente encontrados no mercado (concreto vazado, cerâmico vazado, cerâmico maciço e concreto celular) e a orientação das fachadas (ver Tabela 5). Nos estudos foram avaliados apenas a área útil dos apartamentos, desconsiderando-se a área de circulação horizontal e vertical do edifício.

Tabela 5 – Casos analisados em cada módulo.

	CASO 1	CASO 2	CASO 3	CASO 4
ORIENTAÇÃO				
MATERIAL DO BLOCO	CONCRETO VAZADO	CONCRETO VAZADO	CERÂMICO VAZADO	CERÂMICO VAZADO
	CASO 5	CASO 6	CASO 7	CASO 8
ORIENTAÇÃO				
MATERIAL DO BLOCO	CERÂMICO MACIÇO	CERÂMICO MACIÇO	CONCRETO CELULAR	CONCRETO CELULAR

3.2. Obtenção do Coeficiente de Transmissão Térmica (U)

A análise pela “Tabela de Análise de Desempenho Térmico” requer a inserção do Coeficiente de Transmissão Térmica (U). Para obtenção do Coeficiente de Transmissão Térmica “U” (W/m² °C), foram modeladas as composições das paredes no programa “ARQUITROP” desenvolvido por Maurício Roriz, e obtidos os dados apresentados a seguir na Tabela 6.

Tabela 6 – Coeficiente de Transmissão Térmica ($W/m^2 \text{ } ^\circ C$).

	M15	M20	M15	M20	M15	M20
	ARGAMASSA 0,5 cm	ARGAMASSA 0,5 cm	ARGAMASSA 0,5 cm	ARGAMASSA 0,5 cm	ARGAMASSA 1 cm	ARGAMASSA 1 cm
	GESSO 0,5 cm	GESSO 0,5 cm	ARGAMASSA 0,5 cm	ARGAMASSA 0,5 cm	ARGAMASSA 1 cm	ARGAMASSA 1 cm
	MÓDULO 1	MÓDULO 2	MÓDULO 3	MÓDULO 4	MÓDULO 5	MÓDULO 6
Bloco Concreto	2,881	2,745	2,909	2,77	2,812	2,682
Bloco Cerâmico	2,444	2,366	2,463	2,385	2,393	2,319
Bloco Cerâmico Maciço	2,457	2,103	2,474	2,118	2,406	2,066
Bloco Concreto Celular	0,868	0,682	0,84	0,684	0,861	0,679

Ao analisar-se os valores dos coeficientes de transmissão térmica obtidos para as combinações entre tipos de bloco e revestimento, pode-se perceber que ao variar-se o material do revestimento e sua espessura mantendo-se fixa a modulação e material do bloco, tem-se uma pequena diferença no coeficiente de Transmissão Térmica (U). Porém, a comparação de materiais de uma mesma modulação, ou modulações diferentes de um mesmo material, resulta em diferenças consideráveis nesse coeficiente, conforme resultados apresentados no Gráfico 1.

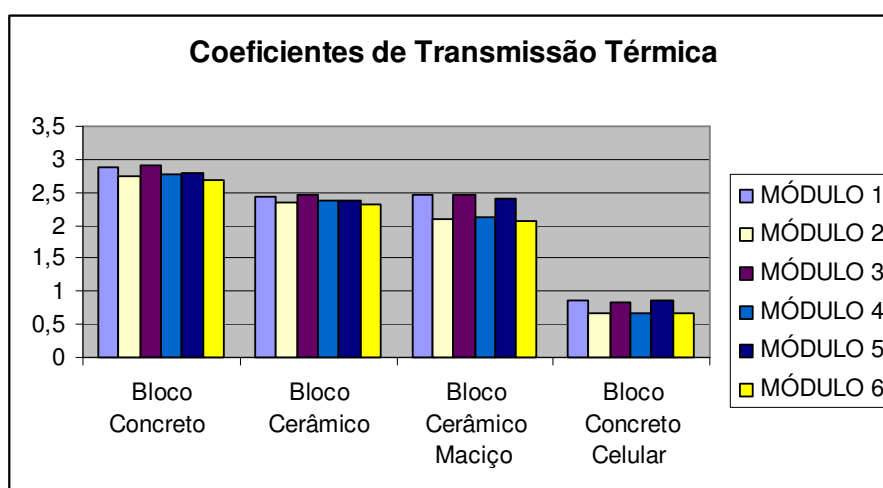


Gráfico 1 – Comparação entre os Coeficientes de Transmissão Térmica ($W/m^2 \text{ } ^\circ C$).

Para as áreas de abertura, inseriu-se na tabela o valor da condutividade térmica do vidro ($\lambda=1,1$)(FROTA & SCHIFFER, 2003), e foi considerada sua espessura igual a 3mm.

3.3. Preenchimento e Análise da “Tabela de Avaliação de Desempenho Térmico de Sistemas Construtivos”

A análise inicial foi realizada através do preenchimento da “Tabela de Avaliação de Desempenho Térmico de Sistemas Construtivos”, com os dados obtidos anteriormente. Foram encontrados os resultados apresentados na Tabela 7.

Tabela 7 – Resultados de perdas e ganhos de calor através da envoltória, obtidos através do preenchimento da “Tabela de Avaliação de Desempenho Térmico de Sistemas Construtivos”.

		MÓDULO 1		MÓDULO 2		MÓDULO 3		MÓDULO 4		MÓDULO 5		MÓDULO 6	
BLOCO ESTRUTURAL		M15		M20		M15		M20		M15		M20	
REVEST. EXTERNO		ARGAMASSA 0,5 cm		ARGAMASSA 0,5 cm		ARGAMASSA 0,5 cm		ARGAMASSA 0,5 cm		ARGAMASSA 1 cm		ARGAMASSA 1 cm	
REVEST. INTERNO		GESSO 0,5 cm		GESSO 0,5 cm		ARGAMASSA 0,5 cm		ARGAMASSA 0,5 cm		ARGAMASSA 1 cm		ARGAMASSA 1 cm	
MATERIAL	ORIENTAÇÃO	PERDA (W)	GANHO (W)	PERDA (W)	GANHO (W)	PERDA (W)	GANHO (W)	PERDA (W)	GANHO (W)	PERDA (W)	GANHO (W)	PERDA (W)	GANHO (W)
CONCRETO VAZADO		-9041	11337	-8677	10893	-9116	11444	-8744	10977	-8856	11118	-8508	10341
CONCRETO VAZADO		-9881	21513	-9491	21010	-9961	21619	-9563	21103	-9683	21259	-9311	20777
CERÂMICO VAZADO		-7871	14043	-7663	13781	-7922	14107	-7714	13845	-7735	13871	-7537	13623
CERÂMICO VAZADO		-8629	19894	-8406	19605	-8683	19965	-8460	19676	-8483	19705	-8271	19431
CERÂMICO MACIÇO		-7906	14086	-6959	18630	-7952	14144	-6999	12947	-7770	13915	-6860	12773
CERÂMICO MACIÇO		-8666	19943	-7652	18630	-8715	20006	-7695	18686	-8520	19753	-7546	18493
CONCRETO CELULAR		-3655	8747	-3157	8122	-3580	8653	-3163	8128	-3636	8723	-3149	8112
CONCRETO CELULAR		-4114	14050	-3581	13361	-4033	13947	-3163	8128	-4093	14024	-3572	13350

4. ANÁLISE DE RESULTADOS

Analisando-se os resultados, nota-se que a orientação das fachadas tem grande influência no ganho de calor pela envoltória, sendo esta mais significativa do que a diferenciação de materiais. As fachadas com aberturas, quando voltadas para leste e oeste, transmitem para o interior da edificação mais calor do que quando voltadas para norte e sul (observe os resultados de todos os módulos para: caso 1 e caso 2, caso 3 e caso 4, caso 5 e caso 6, caso 7 e caso 8). Nesse sentido temos uma diretriz importante para projetos arquitetônicos: devemos, preferencialmente, voltar as aberturas para as fachadas norte e sul, e, quando tal não for possível, as aberturas nas fachadas leste e oeste devem apresentar proteção solar para evitar ganhos e perdas de calor pela envoltória do edifício.

É importante destacar que as perdas e ganhos de calor nessa análise não levam em conta a ventilação do local. A orientação das aberturas também deve ser avaliada em função da direção dominante dos ventos, o que não foi considerado na análise acima.

Nota-se, também, que o desempenho do revestimento interno em gesso ou em argamassa não apresentou variação significativa na análise, sendo assim, a escolha do material do revestimento pode ser condicionada a fatores econômicos e de produtividade, e não necessariamente ao seu desempenho térmico. O mesmo ocorre na diferenciação na espessura da argamassa, que não apresenta resultados relevantes ao estudo.

Os blocos cerâmicos, vazado e maciço, também apresentaram resultados semelhantes, devido ao isolamento térmico causado pela camada de ar presente no interior do bloco cerâmico vazado.

A diferenciação de espessura do bloco apresentou cerca de 10% de diferença de ganhos e perdas de calor. Esse fator, por apresentar um percentual de redução de ganho de calor que pode ser considerado baixo e considerando-se ainda a redução de custos com a construção de uma parede mais leve, deve ser analisado em conjunto com a orientação da edificação na seleção final do componente de vedação.

Quanto ao material do principal componente da envoltória, o bloco, o bloco de concreto apresentou os mais elevados de ganhos de calor, enquanto o bloco de concreto celular auto-clavado apresentou resultados com ganhos de calor mais baixos. A diferença entre os ganhos de calor foi da ordem de 130% dos blocos de celular autoclavado em relação aos blocos de concreto, enquanto a diferença de perda de calor apresentou diferença de cerca 250% entre os casos dos dois materiais.

No entanto, deve-se que ter ciência também de que um sistema ou ambiente, qualquer que seja ele, quando ventilado, perde calor com maior facilidade que quando não ventilado. Um ambiente construído com envoltória isolante, quando não ventilado, pode causar um desconforto igual ou maior que um material menos isolante em climas quentes, como no caso analisado.

5. CONCLUSÕES

Conclui-se que a orientação das aberturas, apesar de não ser o foco principal deste trabalho, influi diretamente no desempenho térmico da envoltória, visto que os modelos que apresentavam a maior parte das aberturas voltadas para leste e oeste obtiveram maiores ganhos de calor no verão e perdas de calor no inverno ao compararmos com os das fachadas norte e sul.

Deve-se lembrar ainda a ventilação natural deve ser favorecida na cidade onde foi apresentado o estudo. Nesta, os ventos dominantes possuem direção leste, sendo necessárias aberturas nas fachadas destas orientações para que a ventilação cruzada ocorra. Desta maneira, é imprescindível uma boa arquitetura para que a edificação apresente um bom desempenho térmico.

Para um melhor desempenho térmico da parede de alvenaria estrutural, o elemento mais importante da sua composição é o bloco, visto que é o único componente que apresenta espessura relevante. O revestimento externo e interno em gesso ou argamassa, com espessura de 0.5 cm ou 1 cm, apresenta resultados sem diferenciação significativa no estudo aqui desenvolvido.

A análise feita aponta que o bloco de modulação M20 apresenta melhores resultados em relação ao bloco de modulação M15. A escolha da modulação deve favorecer a amarração direta entre os blocos, e deve-se usar a menor variedade de blocos possível. Sendo assim a melhor modulação é aquela que apresenta um bloco de modulação de comprimento múltiplo de sua modulação de espessura.

Desta forma, levando em consideração apenas essa análise e as dimensões dos blocos disponíveis no mercado segundo a NBR6136 (para blocos de concreto) e a NBR7171 (para blocos cerâmicos), a escolha mais otimizada de um bloco é a de modulação M20.

É importante lembrar que para escolha da modulação a ser utilizada devem ser levadas em conta as questões estrutural, econômica e de disponibilidade do produto. Se os custos obtidos com a modulação de melhor desempenho térmico forem altos, podemos utilizar a outra modulação com pequena diferenciação de desempenho térmico, aliando-a a proteções solares e outros recursos de uma boa arquitetura.

6. REFERÊNCIAS

- CORNER, V.; CORBELLA, O.; ROMERO, A. **Determinação do conforto térmico em habitações eficientes: sobre os softwares de simulação disponíveis para arquitetos**. Brasil - Fortaleza, CE. 2007. 10 p. CONGRESSO BRASILEIRO DE ENERGIA SOLAR, 2007, Fortaleza, CE.
- CRUZ, A. B. de S.; GONÇALVES, J. P.; SILVA, N. F.; TOLEDO FILHO, R. D.; FARBAIRN, E. M. R. **Avaliação da sustentabilidade energética e ambiental em edificações**. Brasil - São Paulo, SP. 2004. 15 p. CONFERÊNCIA LATINO-AMERICANA DE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL, 2004, São Paulo; ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 10, 2004, São Paulo. Anais...
- FROTA, A.B.; SHIFFER, S.R. **Manual de Conforto Térmico**. São Paulo: Studio Nobel, 2003.
- RAMALHO, M.;CORREA,M.R.S. **Projetos de edifícios de alvenaria estrutural**. São Paulo: Pini, 2003.
- RORIZ, M.;BASSO, A. (1993) ARQUITROP - **Guia do usuário**. São Carlos, SP 24 p. Apostila.
- RORIZ, M.;BASSO, A. (1990) ARQUITROP versão 3.0. São Carlos, SP.
- SOUZA, L. C. L.; PIZARRO, P.R. **Analisando a influência da orientação no consumo de energia em um conjunto habitacional**. Brasil - São Pedro, SP. 2001. 8 p. ENCAC (Encontro Nacional, 6 e Encontro Latino-americano sobre o Conforto na Ambiente Construído, 3). Artigo técnico.
- SOUZA, R. V. G.; PEREIRA, F. O. R. **Módulo didático para avaliação de desempenho térmico de sistemas construtivos**. Brasil - São Paulo, SP. 2004. 11 p. CONFERÊNCIA LATINO-AMERICANA DE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL, 2004, São Paulo; ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 10, 2004, São Paulo. Anais...

7. AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer ao CNPq, aos professores e colegas do Departamento de Engenharia de Estruturas da UFMG em especial o Prof. Roberto Márcio da Silva; aos professores e colegas do MACPS da Escola de Arquitetura.