



ABSORTÂNCIA SOLAR DE SUPERFÍCIES E O REGULAMENTO BRASILEIRO PARA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE EDIFÍCIOS

Iara Gonçalves dos Santos (1); Kelen Almeida Dornelles (2); Roberta Vieira de Souza (3)

(1) Mestrado em Ambiente Construído e Patrimônio Sustentável, Universidade Federal de Minas Gerais, Brasil – e-mail: iaragds@yahoo.com.br

(2) Departamento de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos - e-mail: kelend@terra.com.br

(3) Departamento de Tecnologia da Arquitetura e do Urbanismo, Universidade Federal de Minas Gerais, Brasil – e-mail: roberta@arq.ufmg.br

RESUMO

Pelos critérios do regulamento energético de edifícios brasileiro, a absorção solar de superfícies é parâmetro utilizado para classificação do nível de desempenho energético da envoltória. Para obtenção do nível máximo de eficiência, inclusive, o regulamento limita a absorção média ponderada em 0,4 para as fachadas e coberturas aparentes de edifícios localizados nas Zonas Bioclimáticas 2 a 8. Por outro lado, nacionalmente há poucas referências de dados precisos para quantificação da absorção solar de materiais construtivos. Diante disto, este artigo discute a relevância do parâmetro absorção, sua abordagem pelo regulamento e as restrições de seu uso como indicador de desempenho energético na atualidade. A partir de uma revisão bibliográfica, o parâmetro absorção é analisado no contexto do regulamento através de estudo de caso. Valores de absorção de superfície de um edifício são variados, gerando as respectivas classificações finais de nível de eficiência da envoltória. Os resultados preliminares indicam que a classificação é muito sensível à pequenas variações nos dados da absorção, o que reforça a necessidade de maiores reflexões sobre o tema.

Palavras-chave: absorção, consumo de energia em edifícios, envoltória.

1 INTRODUÇÃO

1.1 Absortância de superfícies e desempenho energético de edifícios

No Brasil, a radiação solar é responsável por importante parcela da carga térmica dos edifícios e seu impacto sobre esta carga depende, entre outros fatores, de uma propriedade denominada absorção solar (α) e definida pela NBR 15220-1 como o “quociente da taxa de radiação solar absorvida por uma superfície pela taxa de radiação solar incidente sobre esta mesma superfície” (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2005a).

As absorções do envelope construtivo estão associadas ao impacto da radiação solar na edificação, pois indicam qual fração da energia solar que chega ao edifício é realmente absorvida por seu envelope, afetando seu ganho de calor e as temperaturas internas, e qual fração é refletida, sem nenhum efeito sobre as condições térmicas da edificação. Além disso, o consumo de energia com sistemas de refrigeração pode ser significativamente reduzido limitando-se o ganho de calor solar através de seu envelope, o qual depende da intensidade da radiação solar incidente e da absorção da superfície externa (DORNELLES, 2008).

Edifícios que apresentam superfícies externas altamente refletivas permitem diminuir o ganho de calor solar através das mesmas, enquanto mantêm a capacidade da edificação perder calor rapidamente após o pôr-do-sol (MULHALL; AYNSLEY, 1999). Além disso, o uso de coberturas com baixa absorção solar pode diminuir consideravelmente a temperatura do ar no interior das edificações e, em uma escala mesoclimática, diminuir as temperaturas do ambiente urbano que, por sua vez, reduzem o potencial de ocorrência do fenômeno da ilha de calor urbana. Por outro lado, a baixa absorção solar do envelope construtivo permite diminuir o uso anual de energia em climas onde predomina o uso de refrigeração.

Diferentemente do que é divulgado por muitos pesquisadores, a absorção solar das superfícies opacas não é influenciada unicamente pela cor que elas apresentam. Cores são sensações visuais e podem variar entre diferentes observadores, não sendo indicadores confiáveis das propriedades físicas de uma superfície. As diversas características físicas que a superfície apresenta formam um conjunto de fatores que irão influenciar diretamente sua absorção, entre elas a composição química do material que a compõe, caracterizada por sua absorção, a rugosidade do material (definida por suas micro-irregularidades geométricas), a ondulação da superfície e sua manutenção ao longo do tempo, devido aos efeitos de degradação (RORIZ; DORNELLES; RORIZ, 2007).

1.2 Regulamento energético de edifícios brasileiros (RTQ-C) e absorção

No Brasil, os edifícios são responsáveis pelo consumo de quase 45% da energia disponibilizada (BRASIL, 2008). No final do ano de 2009 entrou em vigor o RTQ-C, Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos. Trata-se do primeiro instrumento legal brasileiro destinado para regulação do consumo de energia em edificações (BRASIL, 2009a).

O RTQ-C provisoriamente é de adesão voluntária e a data para se tornar compulsório ainda será definida. Atinge um número considerável de edifícios, pois se aplica aos comerciais, públicos e de serviços, com área total útil superior a 500m² e/ou atendidos por alta tensão, estando já construídos ou na fase de projeto. Concede uma etiqueta que indica o nível o desempenho energético dos diversos sistemas do edifício, de A (mais eficiente) a E (menos eficiente). Podem ser analisados os sistemas de fachada e de cobertura que compõem a envoltória do edifício, além dos sistemas de iluminação e de condicionamento artificial do ar de áreas específicas ou do edifício completo. Outros sistemas e dispositivos que comprovem economia de energia e/ou água no prédio também podem ser pontuados para melhoria do nível de classificação.

Numa avaliação completa, a envoltória responde por 30% da classificação geral do edifício. Um dos parâmetros utilizados para sua avaliação é a absorção à radiação solar das superfícies que a

compõem. Em quase todo o território nacional, a absorância total da envoltória é limitada a um determinado valor para que a envoltória do edifício possa alcançar os níveis máximos de classificação – respectivamente “A” ou “B”.

1.3 Dificuldade em se obter dados precisos de absorância

Entende-se que nem sempre a quantificação exata do dado de absorância de cada material que usualmente compõe a envoltória de edifícios é possível ou viável, o que pode dificultar a aplicação do RTQ-C.

Preferencialmente, a absorância deve ser medida em laboratório, mas o número dos que se encontram preparados para realizar este tipo de análise é provavelmente insuficiente para atender à demanda gerada pelo RTQ-C. Alguns métodos de ensaio demandam o uso de amostras de grandes dimensões, o que pode exigir uma logística complexa e economicamente dispendiosa para que as peças sejam transportadas e os dados sejam obtidos. Nos casos em que há necessidade de medição in loco, o custo dos procedimentos pode inviabilizar a medição. Em geral, os fabricantes de materiais para revestimento não apresentam os dados de absorância dentre as suas especificações técnicas. Atualmente, a literatura técnica especializada dispõe de apenas alguns valores médios de absorância solar e refletância, na maioria das vezes bastante genéricos, imprecisos e desatualizados. Dornelles (2008), em sua tese de doutorado, divulga dados precisos de absorância solar para 72 diferentes tintas de fachadas comercialmente disponíveis no Brasil, a partir de medições em espectrofotômetro, método este considerado o mais preciso para a quantificação desta propriedade física das superfícies. No entanto, por ser um equipamento de alto custo e pouco acessível a pesquisadores e projetistas, torna-se difícil a obtenção de valores precisos de absorância solar dos elementos que compõem a envoltória dos edifícios. Além disto, há poucos dados de referência na única norma brasileira que aborda este parâmetro, a NBR 15220-2 (ABNT, 2005b).

Assim, não há um banco de dado de absorância que conte com a variedade de materiais e sistemas construtivos brasileiros. Conseqüentemente, devido à indisponibilidade desses dados podem se fazer freqüentes as aproximações nos valores de absorância durante o uso da metodologia de avaliação proposta no RTQ-C. Este contexto dificulta a aplicação da metodologia e pode comprometer a correta avaliação de desempenho da envoltória.

2 OBJETIVO

O artigo tem por objetivo discutir a influência da variação no dado de absorância na classificação da envoltória pelo método do RTQ-C. Isto é feito através de um estudo de caso: a envoltória de um projeto de edifício de grande porte a ser implantado na cidade de Belo Horizonte, Brasil.

3 JUSTIFICATIVA

Este estudo justifica-se porque induz à reflexão sobre os critérios utilizados no regulamento e de suas implicações na indústria da construção antes que este se torne obrigatório e tenha força legal. Como uma análise crítica, pretende-se indiretamente contribuir para a valorização do RTQ-C enquanto ferramenta de avaliação de desempenho energético de envoltórias.

4 FUNDAMENTACAO TEORICA

Conforme a definição na norma brasileira NBR 15220-1 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2005a), absorância à radiação solar (α) é o “quociente da taxa de radiação solar absorvida por uma superfície pela taxa de radiação solar incidente sobre esta mesma superfície”. A NBR 15220- 2 (ABNT, 2005b) apresenta uma lista com o valor desta propriedade para doze materiais e sete cores de pintura, totalizando 20 itens, a qual é reproduzida no próprio manual de aplicação do RTQ-C (BRASIL, 2009b, p.14). Para alguns materiais a norma não estabelece um valor único de absorância, mas uma faixa de valores admissíveis que varia de 6.67% (telha) a mais de 300% (vidro incolor) (tabela 1).

Tabela 1 – Dados de absorância de superfícies à radiação solar

Superfície	Valor mínimo	Valor máximo	Diferença percentual entre mínimo e máximo (%)
Caiação nova	0,12	0,15	25,00
Concreto aparente	0,65	0,8	23,08
Telha de barro	0,75	0,8	6,67
Tijolo aparente	0,65	0,8	23,08
Reboco claro	0,3	0,5	66,67
Revestimento asfáltico	0,85	0,98	15,29
Vidro incolor	0,06	0,25	316,67
Vidro colorido	0,4	0,8	100,00
Vidro metalizado	0,35	0,8	128,57

Fonte: adaptado da norma brasileira NBR 15220-2 (ABNT, 2005b)

Segundo a NBR 15220-3 (ABNT, 2005c), o Brasil é dividido em 8 zonas bioclimáticas relativamente homogêneas quanto ao clima. De acordo com o RTQ-C, para possibilidade de classificação da envoltória nos níveis A ou B são obrigatórios os seguintes pré-requisitos para as zonas bioclimáticas 2 a 8 em relação à absorância solar das superfícies externas:

- utilização de materiais de revestimento externo de paredes com absorância solar baixa, $\alpha < 0,4$ (cores claras);
- em coberturas não aparentes, utilização de cor de absorância solar baixa, $\alpha < 0,4$, telhas cerâmicas não esmalтadas ou teto jardim”.

Como a zona 1 concentra-se em apenas 0,8% da área do Brasil (ABNT, 2005c), principalmente na região Sul do país, este pré-requisito atinge quase todo o território nacional. Para os pré-requisitos definidos no RTQ-C, define-se como envoltória os “planos externos da edificação, compostos por fachadas, empenas, coberturas, brises, marquises, aberturas, assim como quaisquer elementos que os compõem”, excluindo-se as partes em contato direto com o solo (BRASIL, 2009b, p. 36). Paredes externas são as “superfícies opacas que delimitam o interior do exterior da edificação”, excluindo-se as aberturas (BRASIL, 2009b, p. 52) e coberturas não aparentes são aquelas “sem possibilidade de visualização por pedestres situados na calçada do logradouro” único ou principal de acesso ao edifício (BRASIL, 2009b, p. 31).

A partir do manual do RTQ (BRASIL, 2009b) entende-se que o uso deste parâmetro como método de avaliação de desempenho parte do princípio que ele está associado à quantidade de energia que se transforma em calor no material após a radiação incidir no mesmo. Quanto maior a absorância, maior a parcela de energia transformada em calor e, assim, maior seria a parcela de energia transferida para o interior do ambiente. Por isto, este pré-requisito não se refere à zona bioclimática 1, mais fria, porque

superfícies com absorções elevadas favorecem o ganho térmico por radiação solar no edifício durante o inverno.

No RTQ-C, considera-se a absorção da envoltória como sendo a “média das absorções de cada parcela da fachada (ou cobertura) ponderadas pela área que ocupam” (BRASIL, 2009a, p.21). Não há critério de diferenciação por orientação de fachada ou entre estas e a cobertura. Para os cálculos o manual indica a obtenção da absorção com fabricante ou em medições antecipadas. Mas admite o uso da cor do material como estratégia para indicar a absorção quando não é possível haver medição, afirmando que este parâmetro é uma propriedade “geralmente relacionada a cor” (BRASIL, 2009b, p.14 e p.79).

Nos sistemas de fachada compostos por elemento opaco e vidro na face mais externa são propostos dois modos de se obter a absorção. Se o vidro estiver em contato direto com o fechamento opaco, a absorção do sistema será a soma da absorção do vidro e do produto encontrado entre a transmitância do vidro e absorção da parede (eq. 1). Se houver câmara de ar intermediando as superfícies opaca e translúcida, a absorção será igual ao produto do fator solar do vidro pela absorção da parede (eq. 2):

- Caso 1- Vidro em contato direto com fechamento opaco:

$$\alpha = \alpha_{\text{vidro}} + (\sigma_{\text{vidro}} \times \alpha_{\text{parede}}) \quad (\text{eq.1})$$

- Caso 2- Vidro e fechamento opaco separados por câmara de ar:

$$\alpha = FS_{\text{vidro}} \times \alpha_{\text{parede}} \quad (\text{eq.2})$$

Ressalva-se que estes dois modos não são apresentados no RTQ-C ou em seu manual. São informações fornecidas em 03/04/2010 a uma das autoras deste artigo pelo Laboratório de Eficiência Energética de Edificações da Universidade Federal de Santa Catarina após consulta de esclarecimento para a realização deste trabalho. Este laboratório é um dos organismos responsáveis pelo processo de desenvolvimento do RTQ-C.

5 METODOLOGIA

5.1 Escolha do estudo de caso

Para este estudo os critérios de avaliação presentes no RTQ-C foram aplicados à envoltória de um edifício real, na fase de projeto.

Foi escolhido um edifício que atendesse às exigências básicas para classificação de um edifício pelo regulamento, as quais são referentes ao tipo de uso, área útil, tensão de abastecimento. Além disto, optou-se por um edifício com sistema de fachada formado por vidros que cobrem tanto as aberturas quanto os fechamentos opacos dos peitoris, devido ao especial interesse neste tipo de composição. Por fim, foi critério de escolha que o edifício tivesse projeto executivo de alta qualidade técnica, detalhado e finalizado, para facilitar o levantamento das informações.

5.2 Descrição do edifício

Analisa-se o projeto do Edifício-Sede do Tribunal de Justiça do Estado de Minas Gerais (TJMG), finalizado em 2008 e previsto para estar localizado na área urbana central da cidade de Belo Horizonte (19°55'S e 43°56'W, Zona Bioclimática 3). Possui área total de 136.647,36 m² e tem diversos usos, predominando o público. Destacam-se nele as duas torres externas com onze pavimentos e duas torres

internas, de sete pavimentos, onde predominam os sistemas de fachada aerada com câmara de ar de 35cm, revestida em granito cinza, e de *shadowboxes* de vidro (Figura 1).



Figura 1: Perspectivas eletrônicas do edifício a partir de duas orientações opostas. Fonte: TJMG

Mais detalhadamente, este último sistema da fachada é composto por módulos unitizados em fábrica que formam o peitoril e fechamento do forro. A partir do exterior, estes módulos constituem-se de camadas sobrepostas de vidro laminado verde de controle solar, câmara de ar, placa cimentícia com pintura externa na cor chumbo, nova câmara de ar e uma última placa (Figura 2). Como nem todas as características destes materiais foram definidas em projeto, algumas foram estimadas_como o fator solar do vidro, com valor adotado de 0,60.

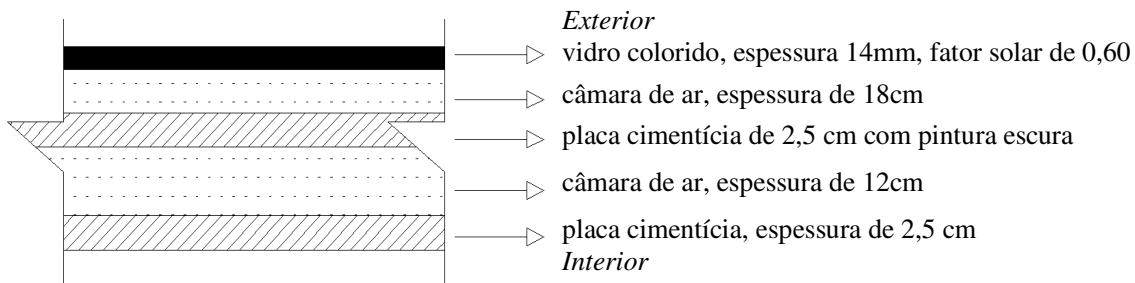


Figura 2- Esquema das camadas da fachada dupla envidraçada. Desenho sem escala.

5.3 Análise da envoltória pelo RTQ-C

Como estabelece o RTQ-C, as áreas de fachada e cobertura onde cada material foi aplicado foram levantadas e a média ponderada de absorção da envoltória foi calculada a partir dos dados de cada componente.

Para obtenção dos dados de absorção não foi possível a avaliação em laboratório. Decidiu-se então efetuar a consulta nos catálogos técnicos disponibilizados por fabricantes e beneficiadores de materiais, tanto em meio digital quanto impresso, apesar de não haver precisão sobre o fornecedor de cada componente. Constatada a dificuldade em obter os dados – o parâmetro não foi encontrado em nenhum dos catálogos consultados neste estudo – decidiu-se utilizar como referência os dados da norma brasileira, a NBR 15220-2, já que ela é uma fonte de informações referendada pelo próprio manual do RTQ-C.

Devido à carência de dados de absorção compatível com os materiais especificados, os valores foram estimados a partir de características superficiais semelhantes. Para os materiais cuja superfície similar na norma possuía absorção única, manteve-se tal valor. Para os que a norma permite uma

faixa admissível, foram empregadas análises separadas utilizando-se valores mínimos, valores máximos, além de um valor intermediário correspondente à média aritmética dos outros dois.

Basicamente, um dos critérios de consulta à norma para os granitos foi à cor associada ao material: vermelho para o Capão Bonito, de acabamento superficial flameado (0,74), e cinza para o granito Corumbá, com acabamento jateado. Todavia, não havendo na norma um dado para a cor cinza e considerando-se as diversas variações de tonalidade deste granito, foram aplicados três valores para análise (0,3 a 0,8). Mesma consideração se faz para a placa de concreto sobre laje plana impermeabilizada (LPI) de cobertura, para o qual foram usados três dados (0,65 a 0,8). Para a LPI exposta, que previa acabamento em cor clara, adotou-se de 0,3 a 0,5. Para o vidro laminado, usou-se o dado de vidro colorido (0,4 a 0,8). Para o ACM, sigla para *Aluminum Composite Material*, utilizou-se dado de chapa de alumínio brilhante (0,05), embora não constasse na especificação de projeto qual o tipo de acabamento. Para o aço inox escovado o mesmo valor foi adotado, na ausência de outro dado mais preciso. Para a telha metálica usou-se 0,25, dado do aço galvanizado.

Nota-se que nas três primeiras situações de análise de fachada a absorção da área em *shadowboxes* advém apenas dos dados do vidro colorido, visto que a metodologia de inclusão da superfície opaca localizada na face posterior não se encontra oficializada pelo regulamento ou seu manual de aplicação. Por interesse nesta metodologia, a partir dela foi gerado um valor de absorção diferenciado para a fachada em *shadowboxes*. No cálculo optou-se pela utilização da absorção mínima tanto do vidro (0,4) quanto mínima estimada para a pintura do fechamento opaco na cor chumbo (0,7). Este cálculo segue a eq.2, visto que há câmara de ar intermediando os materiais:

$$\alpha = FS_{\text{vidro}} \times \alpha_{\text{parede}} \quad (\text{eq.2})$$

$$\alpha = 0,4 \times 0,6 = 0,24$$

Este valor foi aplicado em nova análise da envoltória.

Resumidamente, o estudo foi desenvolvido pela análise de quatro combinações para fachadas e três para a cobertura, totalizando sete casos (Tabela 2):

Tabela 2- Casos de estudo

Fachadas	Coberturas	Combinações de valores de absorção adaptados da NBR15220-2 (ABNT, 2005b)
Caso 1	Caso 5	Valores únicos e mínimos da norma
Caso 2	Caso 6	Valores únicos e médios da norma
Caso 3	Caso 7	Valores únicos e máximos da norma
Caso 4		Valores únicos e mínimos da norma, com cálculo excepcional de absorção da fachada opaca envidraçada

6 ANÁLISE DE RESULTADOS

6.1 Análise das fachadas

Aplicados os valores mínimos adaptados da norma aos granitos e vidros da fachada (Caso 1) obteve-se uma média ponderada de absorção equivalente a 0,37, valor inferior ao limite para que a fachada cumpra o pré-requisito do RTQ-C e esteja apta à classificação de nível “A” da envoltória (Tabela 3). Também se encontrou conformidade quando aplicado o método excepcional de cálculo da fachada envidraçada opaca (Caso 4), em que a média ponderada da absorção foi de 0,28.

Quando usados os valores médios (Caso 3), a absorção resultante foi de 0,52. Se adotados os

valores máximos, este valor sobe para 0,68. Com isto, nestes dois casos a classificação da envoltória é limitada ao nível “C”.

Tabela 3- Resultados das absorções das fachadas

Caso 1		Material de revestimento								Ponderação α		
Orient.		Granito Cinza Área (m2)	α	Granito Vermelho Área (m2)	α	ACM Área (m2)	α	Aço Inox Área (m2)	α	Vidro Área (m2)	α	valor mín.
Norte	3365.9	0.3	292.3	0.74	0	0.05	0	0.05	3842.5	0.4	0.37	
Sul	2257.4	0.3	224.1	0.74	0	0.05	0	0.05	5076.6	0.4	0.38	
Leste	2270.4	0.3	0	0.74	150.4	0.05	27.1	0.05	4752.5	0.4	0.36	
Oeste	3854.7	0.3	354	0.74	0	0.05	0	0.05	3923.1	0.4	0.37	
Absorção:											0.37	
Classificação máx.:											A	

Caso 2		Material de revestimento								Ponderação α		
Orient.		Granito Cinza Área (m2)	α	Granito Vermelho Área (m2)	α	ACM Área (m2)	α	Aço Inox Área (m2)	α	Vidro Área (m2)	α	valor méd.
Norte	3365.9	0.4	292.3	0.74	0	0.05	0	0.05	3842.5	0.6	0.52	
Sul	2257.4	0.4	224.1	0.74	0	0.05	0	0.05	5076.6	0.6	0.54	
Leste	2270.4	0.4	0	0.74	150.4	0.05	27.1	0.05	4752.5	0.6	0.52	
Oeste	3854.7	0.4	354	0.74	0	0.05	0	0.05	3923.1	0.6	0.51	
Absorção:											0.52	
Classificação máx.:											C	

Caso 3		Material de revestimento								Ponderação α		
Orient.		Granito Cinza Área (m2)	α	Granito Vermelho Área (m2)	α	ACM Área (m2)	α	Aço Inox Área (m2)	α	Vidro Área (m2)	α	valor máx.
Norte	3365.9	0.5	292.3	0.74	0	0.05	0	0.05	3842.5	0.8	0.66	
Sul	2257.4	0.5	224.1	0.74	0	0.05	0	0.05	5076.6	0.8	0.71	
Leste	2270.4	0.5	0	0.74	150.4	0.05	27.1	0.05	4752.5	0.8	0.69	
Oeste	3854.7	0.5	354	0.74	0	0.05	0	0.05	3923.1	0.8	0.66	
Absorção:											0.68	
Classificação máx.:											C	

Caso 4		Material de revestimento								Ponderação α		
Orient.		Granito Cinza Área (m2)	α	Granito Vermelho Área (m2)	α	ACM Área (m2)	α	Aço Inox Área (m2)	α	Vidro Área (m2)	α	valor mín.2
Norte	3365.9	0.3	292.3	0.74	0	0.05	0	0.05	3842.5	0.24	0.29	
Sul	2257.4	0.3	224.1	0.74	0	0.05	0	0.05	5076.6	0.24	0.27	
Leste	2270.4	0.3	0	0.74	150.4	0.05	27.1	0.05	4752.5	0.24	0.25	
Oeste	3854.7	0.3	354	0.74	0	0.05	0	0.05	3923.1	0.24	0.29	
Absorção:											0.28	
Classificação máx.:											A	

6.2 Análise das coberturas não aparentes

Os resultados indicam que a cobertura não aparente tem valor médio de absorção superior a 0,4 ainda que sejam aplicados os dados mínimos de absorção encontrados na Norma.

Assim, por este pré-requisito o edifício só pode ter classificação igual ou inferior a “C” (Tabela 4).

Tabela 4- Resultados das absorções da cobertura

Sistema de cobertura	Composição	Área (m ²)	Valor mínimo		Valor médio		Valor máximo	
			Norma	Ponderado	Norma	Ponderado	Norma	Ponderado
1	Placa concreto	2783.6	0.65	0.25	0.72	0.28	0.8	0.31
2	Laje	1477.5	0.3	0.06	0.4	0.08	0.5	0.10
3	Telha+laje	2521.4	0.25	0.09	0.25	0.09	0.25	0.09
4	Teto jardim	413.2	0.4	0.02	0.4	0.02	0.4	0.02
Área Total:		7195.7						
Absorção:				0.42		0.47		0.52
Classificação máx.:				C		C		C

Nota sobre os sistemas:

- 1 Placa de concreto sobre laje plana impermeabilizada (LPI)
- 2 Laje plana impermeabilizada
- 3 Telha metálica trapezoidal de aço galvanizado, pintura branca, elevada de 2m a 3m sobre laje.
- 4 Terra vegetal com 0.30m de espessura sobre laje

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Na aplicação do RTQ-C neste estudo de caso observou-se que a classificação da envoltória é muito sensível às variações no dado de absorção, o que cria a necessidade da aplicação de valores muito precisos.

Porém, houve dificuldade em se determinar os valores de absorção de alguns materiais devido à indisponibilidade deste tipo de dado junto aos fabricantes, à inexistência de amostras de materiais para avaliação, à indefinição de alguns componentes pela equipe de projeto, à inexistência de características detalhadas destes elementos no caderno de especificação, à ausência de um banco de dados compatível com a variedade dos materiais brasileiros para servir como referência. Tendo-se em conta o processo de desenvolvimento de projetos em nível regional e nacional, acredita-se que esta dificuldade pode ser comum durante a aplicação de RTQ em outros casos.

A decisão de adaptar os valores a partir daqueles presentes na norma NBR 15220-2 (ABNT, 2005b) exigiu excessivas aproximações. Cita-se como exemplo o caso do granito “Vermelho Capão Bonito”, cujo valor da absorção foi assumido como 0,74 (cor vermelha), por não existir correspondência mais próxima ou precisa no documento. Acredita-se que isto pode ter sido demasiadamente inadequado, mas foi útil para evidenciar as limitações dos dados de referência disponíveis.

As variações nos dados que foram experimentadas, mais especificamente o uso de valores mínimos, médios e máximos adaptados da norma, causaram mudança de até duas classificações na envoltória. Isto porque o pré-requisito do RTQ-C para esta zona bioclimática estabelece em até 0,4 o valor de absorção média de fachadas e coberturas não aparentes para se alcançar os níveis “A” ou “B” e em quase todos os casos avaliados este limite foi ultrapassado, restringindo o nível de classificação à “C”.

Entende-se o interesse do RTQ no incentivo ao uso de materiais mais claros na maior parte do Brasil, mas acredita-se que variações pequenas na absorção podem não resultar num aumento tão expressivo no consumo do edifício a ponto de justificar uma piora significativa na classificação da envoltória. Sobretudo, este aumento no consumo deve ser mais estudado nos casos de fachadas aeradas e *shadowboxes*, presentes no edifício aqui apresentado, pois a existência da câmara de ar pode alterar significativamente os efeitos do ganho de calor por absorção. Maiores estudos sobre o efeito da absorção neste tipo de fachada com câmara de ar devem ser feitos.

Entretanto, se a intenção desta medida estiver associada à redução da ilha de calor urbana, talvez ela seja satisfatória e indiretamente benéfica para a redução de consumo de energia no edifício, visto que a temperatura do ar externo não elevada implica em menor necessidade de arrefecimento.

Diante destes aspectos, estima-se que seja relevante haver uma revisão do Regulamento para

reconsiderar o impacto da absorção nessa classificação.

8 REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220-1:** desempenho térmico de edificações - Parte 1 Definições, símbolos e Unidades. Rio de Janeiro. ABNT, 2005a.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220-2:** desempenho térmico de edificações - Parte 2: Métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações. Rio de Janeiro. ABNT, 2005b.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220-3:** desempenho térmico de edificações – parte 3: zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Rio de Janeiro. ABNT, 2005c.
- BRASIL. Ministério das Minas e Energia. **Balanço Energético Nacional 2008** (ano-base 2007): relatório final. [S.I.], 2008. Disponível em: <https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio_Final_BEN_2008.pdf>. Acesso em: 12 mar. 2009.
- BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial. **Portaria INMETRO nº 53:** aprova o Regulamento Técnico da Qualidade para Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos, 27 de fevereiro de 2009. 2009a. Disponível em: <http://www.inmetro.gov.br/legislacao/detalhe.asp?seq_classe=1&seq_ato=1424>. Acesso em 05 mar. 2009
- BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial. **Manual de aplicação:** Regulamento Técnico da Qualidade para Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos, 27 de fevereiro de 2009. 2009b.
- DORNELLES, Kelen Almeida. Absorção solar de superfícies opacas: métodos de determinação e base de dados para tintas látex acrílica e PVA. 2008. 160p. Tese (Doutorado) - Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2008.
- MULHALL, C.; AYNSLEY, R. Solar absorptance and uninsulated houses in the humid tropics. In: CONFERENCE ON PASSIVE AND LOW ENERGY ARCHITECTURE, 16., 1999, Brisbane. Proceedings... Brisbane, 1999.
- RORIZ, Victor; DORNELLES, Kelen Almeida; RORIZ, Maurício. Fatores determinantes da absorção solar de superfícies opacas. In: IX Encontro Nacional sobre Conforto no Ambiente Construído e V Encontro Latino-Americano sobre Conforto no Ambiente Construído, 2007, Ouro Preto. Anais do IX Encontro Nacional sobre Conforto no Ambiente Construído e V Encontro Latino-Americano sobre Conforto no Ambiente Construído. Porto Alegre: ANTAC, 2007.

9 AGRADECIMENTOS

Ao Tribunal de Justiça de Minas Gerais (TJMG), às equipes do Laboratório de Eficiência Energética em Edificações (LabEEE) da UFSC e do Laboratório de Conforto Ambiental e Eficiência Energética (Labcon-EA) da UFMG pela concessão das informações necessárias para a realização desta pesquisa, e à FAPESP (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo) pela bolsa de doutorado destinada à Kelen Dornelles, co-autora deste trabalho.