



XII Encontro Nacional e
VIII Encontro Latinoamericano de Conforto no Ambiente Construído

25 a 27 de Setembro

DESEMPENHO TÉRMICO: QUAL VALOR DEVEMOS ATENDER PARA A LEGISLAÇÃO BRASILEIRA?

Raquel Diniz Oliveira (1); Roberta V. Gonçalves de Souza (2); Roberto Márcio da Silva (3)

(1) Arquiteta, Doutoranda em Engenharia de Estruturas e pesquisadora do Laboratório de Conforto Ambiental e Eficiência Energética em Edificações - LABCON, raqueldo@gmail.com, Belo Horizonte - MG, 30130-140, Tel.: (31) 3409 8825

(2) Dr^a, Professora do Departamento de Tecnologia da Arquitetura e Urbanismo, robertavgs2@gmail.com
Universidade Federal de Minas – LABCON, Belo Horizonte - MG, 30130-140, Tel.: (31) 3409 8825

(3) Dr., Professor do Departamento de Engenharia de Estruturas, roberto@dees.ufmg.br
Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte - MG, 31270-901, Tel.: (31) 3409 1986

RESUMO

A preocupação com a racionalização do consumo de energia em edificações tem se intensificado após crises no setor de fornecimento energético. Neste contexto, o desempenho térmico edifício pode colaborar com a diminuição deste consumo especialmente em relação à iluminação e condicionamento artificial. No Brasil, têm-se algumas normas reguladoras para o tema, porém, ainda não existe uma uniformidade em suas exigências. Este artigo abordará, portanto, o padrão de atendimento relativo ao desempenho térmico de paredes e coberturas para edifícios residenciais a partir dos principais instrumentos brasileiros de regulação e certificação em vigor. Tem-se por objetivo verificar a existência de um valor comum para o cumprimento das determinações presentes na legislação brasileira acerca do tema. Para tanto será realizado um estudo comparativo dos parâmetros presentes na NBR 15.220, na NBR 15.575, no Selo Casa Azul da Caixa Econômica Federal e no Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais – RTQ-R. Ademais, serão contrastadas, especificamente, as prescrições para a absorvância solar, transmitância térmica de paredes e coberturas, bem como a ventilação natural, cruzada e iluminação natural. A análise conjunta destas normas apresentou como resultado divergências nos montantes requeridos. Contudo, nota-se a possibilidade de se atingir um valor de referência comum. Porém, para alguns parâmetros percebe-se a necessidade de uniformizar as unidades de medida, especialmente no quesito da iluminação natural, no qual existe condição para o desempenho mínimo de iluminância em *lux* e também em percentual de área de abertura em relação à área útil do ambiente. Em suma, o estudo realizado destaca em especial a importância do diálogo entre as normas como facilitador de sua aplicação. Todavia, constata-se que para se atingir, de fato, um padrão comum se faz necessário uma revisão geral na legislação acerca do desempenho térmico dos edifícios no Brasil.

Palavras-chave: desempenho térmico, normas brasileiras, edifícios residenciais.

ABSTRACT

The trouble about the energy economy of buildings has intensified after crises in the sector of energy supply. In this context, the thermal performance of buildings can contribute to reduction of this consumption. In Brazil, there are some regulatory standards, however, there isn't uniformity in their requirements. This paper will approach, the standard attend for the thermal performance of walls and roofs for residential buildings present in the main Brazilian legislation. It is intended to verify the existence of a common value for compliance this requirements. For this purpose will be done a comparative study of the NBR 15.220, NBR 15.575, the Blue House Label of Federal Savings Bank, also referred as Caixa or CEF, and the Technical Regulation of Quality for the Level of Energy Efficiency of Residential Buildings - RTQ-R parameters. So will be discuss the requirements for solar absorptance, thermal transmittance of walls and roofs, as well as

the daylighting, natural and cross ventilation. The combined analysis of these standards presented as a result differences in the amounts required. But, there is the possibility of reaching a common reference value. However, for some parameters are necessary unify the units of measurement, especially in the category of daylighting, which is determined a minimum performance in *lux* and in percentage of open area in relation to floor area of the room. Thus, this study emphasizes the importance of dialogue between the standards to make easy your application. However, it needs a general review in legislation of thermal performance of buildings to achieve a common standard.

Keywords: thermal performance, Brazilian standards, residential buildings.

1. INTRODUÇÃO

O termo desempenho consiste no rendimento ou maneira que se comporta algo ou alguém, avaliados em termos de eficiência. A NBR 15.575 (2013) faz uso da definição de desempenho presente no RTQ-R (2012), que se refere ao comportamento em uso da edificação e seus sistemas, independentemente da sua forma ou dos materiais constituintes. Já a NBR 15.220 (2005) possui apenas o método de cálculo referente à performance não estabelecendo uma caracterização do termo como o RTQ-R. Destaca-se que em relação aos materiais e sistemas construtivos existem instrumentos para regulamentação dos requisitos (qualitativos) e critérios (quantitativos ou premissas) de seu rendimento, assegurados por métodos de avaliação para cumprimento das condições mínimas de segurança, durabilidade e conforto ambiental do usuário. O escopo, portanto, não é o estabelecimento de prescrições acerca do modo que os sistemas devem ser construídos (ABNT, 2008). No Brasil, têm-se legislações diversas que tratam especificamente do desempenho térmico para edifícios residenciais. Todavia, é imprescindível analisar se seus padrões estabelecidos justificam a existência de diferentes normas para a mesma prescrição.

Neste sentido, este artigo se propõe a apresentar de forma simplificada os parâmetros de desempenho térmico solicitados pelas principais normas e regulamentos brasileiros no intuito de verificar os valores mínimos comuns na legislação nacional para edifícios habitacionais, quais sejam a NBR 15.220, NBR 15.575, Selo Casa Azul e o RTQ-R. A exigibilidade da aplicação destas regras para a construção civil torna este tema de suma importância além de descortinar o presente esforço para atendimento de todas elas por parte do mercado e dos profissionais ligados a este mister.

2. OBJETIVO

O objetivo deste artigo consiste na verificação de um valor comum para o atendimento das exigências presentes na legislação brasileira no quesito relativo ao desempenho térmico de edifícios residenciais. Tendo em vista que várias normas nacionais em vigor discorrem sobre o tema, pretende-se analisar um ponto comum nas prescrições bem como suas principais semelhanças ou diferenças. Ademais, buscar-se averiguar se existe algum parâmetro normativo subdimensionado ou demasiadamente restritivo para a realidade nacional.

3. MÉTODO

A metodologia deste artigo fundamenta-se na análise comparativa dos parâmetros das normas nacionais em vigor relativas ao desempenho térmico. Deste modo, serão avaliadas, conjuntamente, a NBR 15.220, a NBR 15.575, o Selo Casa Azul e o RTQ-R. Neste contexto, serão contrastados, especificamente, os valores exigidos para a absorvância solar, transmitância térmica de paredes e coberturas, bem como a ventilação natural, cruzada e iluminação natural. Tais informações serão sintetizadas em forma de tabela para facilitar o estudo comparativo.

4. AS PRINCIPAIS NORMAS E REGULAMENTOS NACIONAIS REFERENTES AO DESEMPENHO.

Após a crise petrolífera da década de 70 e dos recursos em geral, colocou-se em pauta o impacto ambiental das atividades humanas de produção e consumo, destacando a importância de se preservar o meio ambiente, além de reformular processos produtivos e de consumo dos recursos naturais (TAVARES, 2006, p. 18; FOSSATI, 2008, p. 5). As discussões se estenderam ao setor da construção civil, contemplando o consumo de energia e matérias-primas, suscitando, portanto, questões sobre racionalização do consumo energético em edificações.

Atualmente, pode-se dizer que vários países já dispõem de algum tipo de norma ou regulamento relacionado à eficiência energética de edifícios, fato que contribuiu para a melhoria do desempenho dos edifícios e também para o aumento das horas de conforto dos usuários. As principais normas brasileiras referentes ao desempenho térmico são a NBR 15.220 e a 15.575. Dentre os regulamentos e manuais para certificação de edifícios residenciais mais expressivos, destacam-se o Selo Casa Azul e o RTQ-R.

No Brasil, a criação destas normas foi alavancada pela crise no setor elétrico, ocorrida em 2001, no qual a distribuição de energia foi comprometida em razão da dificuldade das concessionárias em manter o fornecimento de energia para a demanda exigida. Diante disto, o governo brasileiro estabeleceu ações para estimular o uso eficiente da energia elétrica. De início foi elaborada a Lei nº 10.295¹, publicada pelo Ministério de Minas e Energia que discorre sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia Elétrica em Edificações (BRASIL, 2001).

Dando prosseguimento a estas ações, em 2003 a Centrais Elétricas Brasileiras S.A. - ELETROBRAS criou o Programa Nacional de Eficiência Energética em Edificações – PROCEL EDIFICA, em continuidade ao Programa Brasileiro de Etiquetagem - PBE com atuação conjunta dos Ministérios de Minas e Energia e das Cidades além de contar com a parceria de universidades e centros de pesquisa. (BRASIL - PROCEL INFO, 2006). Sua atuação ocorre por meio da Etiqueta Nacional de Conservação da Energia – ENCE, que presta informações sobre o desempenho no que diz respeito à eficiência energética do edifício, avaliado conforme solicitações estabelecidas que variam de A (mais eficiente) a E (menos eficiente). Para cada requisito será atribuído um peso, e o edifício será classificado na etiqueta de acordo com a pontuação final (BRASIL - Inmetro, 1993-2012).

Em 2005, a Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT publicou a NBR 15.220 que trata do Desempenho térmico de edificações. Este regulamento foi dividido em cinco partes e refere-se a habitações unifamiliares de interesse social com até três pavimentos. A primeira consiste nas definições, símbolos e unidades; a segunda estabelece métodos de cálculo da transmitância, capacidade e atraso térmico e do fator de calor solar dos componentes das edificações; a terceira parte apresenta o zoneamento bioclimático brasileiro e bem como suas diretrizes construtivas; a quarta parte trata da medição da resistência térmica e da condutividade térmica pelo princípio da placa quente protegida e a quinta e última parte discorre sobre a medição da resistência térmica e da condutividade térmica pelo método do *fluxímetro* (ABNT, 2005).

Na sequência, em 2008, a ABNT, criou a NBR 15.575 elaborada no Comitê Brasileiro da Construção Civil pela Comissão de Estudo de Desempenho de Edificações, intitulada “Edifícios habitacionais – Desempenho”². Esta norma discorre sobre o desempenho mínimo obrigatório para os sistemas que compõem o edifício ao longo de sua vida útil independentemente de seus materiais constituintes, do sistema construtivo utilizado e número de pavimentos. Todavia, a exigência de seu cumprimento foi adiada para 2013 conforme cronograma de revisão previsto para sua redação. Sua aplicação restringe-se somente às obras de novos edifícios posteriores a sua entrada em vigor. Ancorada na NBR 15.220, dentre outras normas nacionais e internacionais buscou sintetizar diversos parâmetros relacionados ao conforto dos usuários e ao desempenho térmico, acústico, estrutural, de proteção contra incêndio, durabilidade dos materiais e da estrutura do edifício. Divide-se, portanto, em seis partes referentes aos requisitos: gerais; dos sistemas estruturais; dos sistemas de pisos internos; dos sistemas de vedação verticais externos e internos; das coberturas e dos sistemas hidrossanitários (ABNT, 2008).

Já o Selo Casa Azul da Caixa Econômica Federal, de caráter voluntário, tem por escopo atestar o caráter sustentável de construções habitacionais unifamiliares de interesse social apresentadas em processos de financiamento ou incluídas em programas de repasse. Grosso modo, avaliam-se os seguintes critérios: qualidade urbana; projeto e conforto; eficiência energética; conservação de recursos materiais; gestão da água e práticas sociais. Os parâmetros relativos ao desempenho térmico de paredes e coberturas baseiam-se na NBR 15.575 e NBR 15.220, tendo também aspectos comuns ao RTQ-R (BRASIL. CEF, 2010).

Em 2010, foi publicado pelo Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial – Inmetro o Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais - RTQ-R. Para tanto, especifica-se requisitos técnicos e métodos para classificação de edificações residenciais quanto à sua eficiência energética para posterior emissão ENCE. Esta etiqueta aplica-se para as unidades habitacionais autônomas - UH³, para as edificações multifamiliares⁴ ou para as

¹ Publicada em outubro de 2001. Posteriormente, no mês de dezembro, foi publicada sob forma do Decreto Nº 4.059 indicando os níveis máximos de consumo de energia ou mínimos de eficiência energética para equipamentos e deliberando sobre as proposições para regulamentação específica de efficientização de edifícios – RTQ-C e RTQ-R.

² Antes da revisão, havia sido denominada para edifícios de até cinco pavimentos fato que polemizou sua abrangência.

³ Imóvel residencial com acesso independente, constituído por, no mínimo, banheiro, dormitório, cozinha e sala.

Áreas de Uso Comum (de utilização frequente⁵ ou eventual⁶). Nos dois primeiros casos, avalia-se, grosso modo, a envoltória e o sistema de aquecimento de água edifício. Nas áreas de uso comum, de utilização frequente, considera-se o cumprimento dos requisitos do sistema de iluminação artificial, dos elevadores e das bombas centrífugas. Já para aquelas de uso eventual aprecia-se a eficiência do sistema de iluminação artificial, dos equipamentos, do sistema de aquecimento de água (chuveiros e piscina) e da sauna. Eventuais bonificações poderão ser acrescentadas nesta classificação⁷ (BRASIL – INMETRO, 2012).

5. RESULTADOS - COMPARATIVO DAS LEGISLAÇÕES QUANTO AO PARÂMETRO DE DESEMPENHO TÉRMICO.

Sistematizou-se por meio de tabela os parâmetros relativos ao desempenho térmico das principais normas, regulamentos e manuais de certificação nacionais, quais sejam a NBR 15.220, NBR 15.575, RTQ-R e Selo Casa Azul. Tal recurso foi utilizado para facilitar a identificação de pontos comuns ou excepcionais de cada uma delas. Note-se, portanto, que para contemplar esta especificação foram analisadas as variáveis relativas à absorvância solar⁸, transmitância térmica⁹ de paredes e coberturas, bem como a ventilação natural, cruzada e iluminação natural. Todos estes elementos, caso não sejam adequadamente dimensionados, podem influenciar significativamente no ganho de calor pela envoltória do edifício. Cabe destacar que no Brasil têm-se oito zonas bioclimática com grandes distinções em relação ao clima local, fato que dificulta, em alguns casos, a prescrição comum de um mesmo parâmetro para todas as zonas. Todavia, partindo do pressuposto que algumas normas serviram de referência para outras, podendo, portanto, ter parâmetros similares, bem como, algumas zonas compartilham das mesmas determinações buscou-se nas considerações a seguir, realizar, na medida do possível, uma aproximação das solicitações das normas para as zonas bioclimáticas brasileiras. Neste sentido, serão inicialmente apresentados os parâmetros de transmitância térmica de paredes para as zonas bioclimáticas (ZB) brasileiras, definidas na NBR 15.220, conforme a tabela a seguir:

Tabela 1 - Tabela de Pré-requisitos da envoltória – Transmitância térmica de paredes em W/(m²K) (Upar).

Zoneamento		ZB1 e ZB2	ZB3, ZB5	ZB4, ZB6 e ZB7	ZB8
RTQ-R	sem exigência de α e $CT \geq 130$	$\leq 2,50$			
	$\alpha \leq 0,6$ $CT \geq 130$		$\leq 3,70$		
	$\alpha > 0,6$ $CT \geq 130$		$\leq 2,50$		
	$\alpha \leq 0,6$ sem exigência de CT				$\leq 3,70$
	$\alpha > 0,6$ sem exigência de CT				$\leq 2,50$
15.575-4	sem exigência de α e $CT \geq 130$	$\leq 2,50$			
	$\alpha \leq 0,6$ $CT \geq 130$		$\leq 3,70$		
	$\alpha > 0,6$ $CT \geq 130$		$\leq 2,50$		
	$\alpha \leq 0,6$ sem exigência de CT				$\leq 3,70$
	$\alpha > 0,6$ sem exigência de CT				$\leq 2,50$
15.220-3	sem exigência de α e CT	$\leq 3,00$	$\leq 3,60$	$\leq 2,20$	$\leq 3,60$
Selo Azul	sem exigência de α e $CT \geq 130$	$\leq 2,50$			
	$\alpha \leq 0,6$ $CT \geq 130$		$\leq 3,70$		
	$\alpha > 0,6$ $CT \geq 130$		$\leq 2,50$		
	$\alpha \leq 0,6$ sem exigência de CT				$\leq 3,70$
	$\alpha > 0,6$ sem exigência de CT				$\leq 2,50$

⁴ Neste caso pondera-se dos valores de todas as UHs pelas suas áreas úteis, excluindo terraços e varandas.

⁵ Como corredores, halls, garagens, elevadores, acessos, entre outros.

⁶ Como salão de festas, piscinas, sala de ginástica, cinema, espaço *gourmet*, entre outros.

⁷ Neste caso, até um ponto, somando-se os valores obtidos, independentes, parcial ou totalmente alcançados. As iniciativas referem-se à: ventilação e iluminação natural; ao uso racional de água; ao condicionamento e iluminação artificial; aos ventiladores de teto e refrigeradores instalados na UH e também a medição individualizada.

⁸ Quociente da taxa de radiação solar incidente absorvida por uma superfície, definida em função da cor (α).

⁹ É o inverso da resistência térmica total correspondente às camadas componentes (U).

Legenda:

Norma	Nível de desempenho U par
RTQ - R	A ou B
Outras	Mínimo

Fonte: NBR 15.220-3, NBR 15.575-4, Selo Casa Azul e RTQ-R.

A NBR 15.220-3 não considera limites de absorvância e capacidade térmica¹⁰ para nenhuma zona. Quanto as outras normas somente para ZB 8, localizada ao norte do país, referente ao clima quente e úmido, o parâmetro CT não é exigido. Observa-se que a zona 1 e 2, que incorpora uma parcela do sul e sudeste do Brasil, por ser atinente a uma região de clima frio, com inverno acentuado, não possui prescrição relativa a absorvância à radiação solar das superfícies para todas as normas e nem para CT conforme a NBR 15.220. Para as outras zonas são apresentados parâmetros de absorvância para cores claras ($\alpha \leq 0,6$) e escuras ($\alpha > 0,6$). O valor de $U \leq 2,5 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ e $CT \geq 130 \text{ KJ}/\text{m}^2.\text{K}$ poderia ser considerado um padrão comum de referência uma vez que atenderia a exigência de desempenho térmico¹¹ para quase todas as zonas e normas à exceção da 15.220-3 para as zonas 4, 6 e 7. Todavia, esta diferença entre este possível padrão comum seria de $0,30\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$ o que, conseqüentemente, não justificaria esta pequena diferença nas prescrições já que não existe uma alteração tão sensível nas tipologias dos sistemas estruturais que possa atender esta reduzida variação na solicitação da transmitância térmica das paredes. Assim, pode-se considerar o valor de $U \leq 2,5 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ e $CT \geq 130 \text{ KJ}/\text{m}^2.\text{K}$ como o mínimo comum de exigência para todas as normas. Nota-se que a NBR 15.220-3 por ser uma norma de 2005 e, portanto, mais antiga, não dialoga com os valores das outras normas apresentando na maioria das vezes parâmetros mais exigentes, à exceção das zonas 1 e 2. Para as zonas 3 a 8 com $\alpha \leq 0,6$, referente às cores claras a exigência para transmitância é menos restritiva permitindo, portanto, valor para $U \leq 3,7 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$. As normas RTQ-R, Selo Casa Azul e NBR 15.575-4, posteriores a 2008 apresentam valores semelhantes de exigência¹². Para esta especificação, apenas a NBR 15.575-4 possui parâmetro intermediário ou superior estabelecido. No RTQ-R caso não seja atendida a exigência o edifício atingirá a classificação máxima C neste requisito.

Em relação aos parâmetros de transmitância térmica de coberturas, assim como exigido para paredes, tem-se a tabela síntese abaixo:

Tabela 2 - Tabela de Pré-requisitos da envoltória – Transmitância térmica de coberturas em $\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$ (Ucob).

Zoneamento		ZB1 e ZB2			ZB3 a ZB6			ZB7		ZB8	
Norma											
RTQ-R	sem exigência de α	$\leq 2,3$									
	$\alpha \leq 0,6$				$\leq 2,3$						
	$\alpha > 0,6$				$\leq 1,5$						
	$\alpha \leq 0,4$							$\leq 2,3$			
	$\alpha > 0,4$							$\leq 1,5$			
15.575-5	sem exigência de α	$\leq 2,3$	$\leq 1,5$	$\leq 1,0$							
	$\alpha \leq 0,6$				$\leq 2,3$	$\leq 1,5$	$\leq 1,0$				
	$\alpha > 0,6$				$\leq 1,5$	$\leq 1,0$	$\leq 0,5$				
	$\alpha \leq 0,4$							$\leq 2,3\text{FT}$	$\leq 1,5\text{FV}$	$\leq 1,0\text{FV}$	
	$\alpha > 0,4$							$\leq 1,5\text{FT}$	$\leq 1,0\text{FV}$	$\leq 0,5\text{FV}$	
15.220-3	sem exigência de α	$\leq 2,0$								$\leq 2,3\text{FT}$	
Selo Azul	sem exigência de α	$\leq 2,3$									
	$\alpha \leq 0,6$				$\leq 2,3$						
	$\alpha > 0,6$				$\leq 1,5$						
	$\alpha \leq 0,4$							$\leq 2,3$		$\leq 2,3\text{FV}$	
	$\alpha > 0,4$							$\leq 1,5$		$\leq 1,5\text{FV}$	

Legenda:

Norma	Nível de desempenho U cob		
RTQ - R	A ou B		
15575-5	Mínimo	Intermediário	Superior
Outras	Mínimo		

¹⁰ É a quantidade de calor necessária para variar em 1°C a temperatura de um sistema (CT).

¹¹ Note-se que o valor de U atendido apresentará para a maioria das zonas um desempenho além do mínimo exigido.

¹² No Selo Casa Azul o sinal de igual para o termo alfa está trocado em relação a NBR 15575-4 e RTQ-R mas como o conteúdo em si não foi essencialmente alterado esta norma foi considerada, para todos os efeitos, igual às demais.

Fonte: NBR 15.220-3, NBR 15.575-4, Selo Casa Azul e RTQ-R. Obs.: Para algumas zonas multiplica-se um fator de correção ao U limite sendo: FV - fator de ventilação e FT - fator de correção de transmitância de cobertura.

Note-se que NBR 15.220-3 não considera limites de absorvância e capacidade térmica para nenhuma zona. Para zona 8 os parâmetros mínimos são iguais para todas as normas exceto para a NBR 15.220-3 que não apresenta variações da exigência em relação a absorvância. Ademais, tem-se em alguns casos fatores de correção FV ou FT multiplicados a transmitância térmica limite (U limite). O fator de ventilação (FV) aparece nos parâmetros da zona 7 e 8, mencionado na NBR 15.575-5 referenciando o fator estabelecido na NBR 15.220-2, o que, de fato, não ocorre. A NBR 15.220-2 não faz menção alguma ao FV. Já o FT, fator de correção da transmitância aceitável para as coberturas da zona 8, presente apenas na tabela da NBR 15.220-3, também referenciada no RTQ-R, dispõe que:

$$FT = 1,17 - 1,07 \cdot h^{-1,04}$$

Equação 1

Onde:

FT é o fator de correção da transmitância de cobertura da zona 8.

h é altura da abertura em dois beirais opostos, em centímetros.

Da mesma forma que ocorre para as paredes, as zonas 1 e 2, correspondentes a climas mais frios não possuem limites mínimos de absorvância em nenhuma norma. Já as zonas 3 a 6 possuem parâmetros de absorvância para cores claras ($\alpha \leq 0,6$) e escuras ($\alpha > 0,6$) e as zonas 7 e 8 para cores claras ($\alpha \leq 0,4$) e escuras ($\alpha > 0,4$) conforme RTQ-R, NBR 15.575-5 e Selo Azul. O valor de $U \leq 1,5 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ atenderia a exigência mínima de desempenho térmico¹³ para todas as zonas sendo que para algumas¹⁴ atenderia o desempenho intermediário da NBR 15.575. A NBR 15.220-3 por ser uma norma mais antiga e também não considerar a absorvância à radiação solar, apresenta parâmetros mais exigentes, à exceção da zona 8 que coincide com o mínimo das outras normas. Para as zonas 3 a 6 com $\alpha \leq 0,6$ a exigência é menor em relação a NBR 15.220 permitindo um valor comum de $U \leq 2,3 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ para o RTQ-R, NBR 15.575-4 e Selo Casa Azul. Porém, na zona 7 e 8 o valor do α mínimo é menor e a exigência da transmitância térmica para coberturas é semelhante àquele especificado para as zonas 3 a 6 ($U \leq 1,5 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ para cores claras e $U \leq 2,3 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ para cores escuras) uma vez que estas zonas correspondem a regiões mais quentes o que justifica esta diminuição no valor de absorvância solar de referência. Para o parâmetro da transmitância térmica de cobertura, existe parâmetro intermediário ou superior estabelecido na NBR 15.575-5. No RTQ-R caso não seja atendida a exigência o ambiente atingirá a classificação máxima C neste requisito.

Em relação aos parâmetros de ventilação natural, é estabelecido um percentual de abertura para ventilação em relação à área de piso do ambiente. A seguir tem-se uma tabela síntese para este tema:

Tabela 3 - Tabela de Pré-requisitos da envoltória – Ventilação Natural (A - área de abertura mínima em % da área de piso).

Zoneamento Norma		ZB1 a ZB6	ZB7	ZB8
		RTQ-R	≥ 8%	≥ 5%
15.575-4		≥ 7%		≥ 8% ou ≥ 12%*
15.220-3		15% < A < 25%	10% < A < 15%	> 40%
Selo Azul	Sala	≥ 10%	≥ 8%	≥ 20%
	Dormitórios	≥ 8%		≥ 15%
	Cozinhas		≥ 5%	

¹³ Para algumas zonas o desempenho atendido seria superior ao mínimo exigido. Note-se que para o RTQ-R o limite e classificação seria superior a “C” podendo atingir “A” ou “B”.

¹⁴ As zonas atendidas com desempenho intermediário pela NBR 15.575-5 são as seguintes: 2, 3 a 6 para $\alpha \leq 0,6$ e 7 e 8 para $\alpha \leq 0,4$.

Legenda:

Norma	Nível de desempenho - Ventilação natural
RTQ-R	A ou B
Outras	Mínimo

Fonte: NBR 15.220-3, NBR 15.575-4, Selo Casa Azul e RTQ-R. *OBS.: O percentual de abertura em relação à área de piso seria respectivamente: $A \geq 8\%$ para a Região Nordeste e Sudeste do Brasil e $A \geq 12\%$ para a Região Norte.

Observa-se que a NBR 15.575-4 considera este parâmetro para áreas de permanência prolongada no qual:

$$A = 100 \cdot (Aa / Ap) (\%)$$

Equação 2

Onde:

A é a área mínima de abertura para ventilação.

Aa é a área efetiva de abertura.

Ap é a área de piso do ambiente.

A NBR 15.575-4 solicita que nas ZB 1 a 6 e nas cidades que possuam médias mensais das temperaturas mínimas abaixo de 20°C, as aberturas para ventilação devem ser passíveis de fechamento durante o período de frio (exceto para ventilação de segurança). O Selo Casa Azul apresenta uma diferenciação dos limites para salas, dormitórios e cozinhas¹⁵. A NBR 15.220 para as zonas de 1 a 7 estabelece uma faixa limite para o percentual mínimo das aberturas, porém para todas as zonas permite um percentual maior de abertura em relação às outras normas. Todavia, nota-se que as prescrições estabelecidas na NBR 15.575, RTQ-R e Selo Casa Azul para as zonas 1 a 7 possuem uma diferença de 3% e de 12% para a zona 8. Assim, para as sete primeiras zonas não seria impossível chegar a um padrão comum, diferentemente da exigência para a zona 8 que requer maiores discussões. O percentual maior ou igual a 15% atenderia a exigência de ventilação natural para quase todas as normas e zonas, exceto para o ambiente sala do Selo Casa Azul e a NBR 15.220, ambas para a zona 8. Os parâmetros da zona 7 são menos exigentes do que para zona 1 a 6, para todas as normas, porém a maior exigência em percentual de abertura ocorre para a zona 8. Para o parâmetro de ventilação natural, não existe parâmetro intermediário ou superior estabelecido na NBR 15.575-4. No RTQ-R caso não seja atendida a exigência o ambiente atingirá a classificação máxima C neste requisito.

Em relação aos parâmetros de ventilação cruzada, tem-se a recomendação da ventilação seletiva¹⁶, cruzada e cruzada permanente conforme se observa na tabela a seguir:

Tabela 4 - Tabela de Pré-requisitos da envoltória – Ventilação Cruzada.

Zoneamento / Norma	ZB1	ZB2, ZB3 E ZB5	ZB4, ZB6 E ZB7	ZB8
RTQ-R		$\geq 0,25$		
15.575-4				
15.220-3				
Selo Azul				

Legenda:

Normas	Nível de desempenho e exigência mínima - Ventilação cruzada
Todas	sem exigência
RTQ-R	A ou B
15.220-3 e Selo Azul	Ventilação seletiva no verão
15.220-3 e Selo Azul	Ventilação cruzada no verão
15.220-3 e Selo Azul	Ventilação cruzada permanente

Fonte: NBR 15.220-3, NBR 15.575-4, Selo Casa Azul e RTQ-R. OBS.: Note-se que o RTQ-R possui equação específica para o cálculo da ventilação cruzada conforme equação descrita a seguir.

No RTQ-R tem-se que:

$$A2 / A1 \geq 0,25$$

Equação 3

¹⁵ O parâmetro da sala é mais exigente do que para as cozinhas e dormitórios, exceto na zona 7 na qual são iguais.

¹⁶ Permite o controle durante os períodos quentes em que a temperatura interna seja superior à externa.

Onde:

A1 é o somatório das áreas efetivas de abertura para ventilação da fachada com a orientação de maior área ventilada.

A2 é o somatório das áreas efetivas de abertura para ventilação das demais fachadas.

A NBR 15.575-4 não possui exigência para o parâmetro de ventilação cruzada, não estabelecendo, portanto, valor mínimo, intermediário ou superior. A zona 1 não tem exigência de ventilação cruzada para nenhuma norma. O RTQ-R exige o mesmo percentual de abertura para zonas 2 a 8. Já o Selo Casa Azul e a NBR 15.220-3 possui as mesmas exigências, sendo solicitada a ventilação cruzada para as zonas 2 a 5, a ventilação seletiva na zona 7 e a cruzada permanente na zona 8. Neste caso, os parâmetros são bem diferentes entre si, o que dificulta o estabelecimento de um mínimo comum. Todavia, a solicitação da ventilação cruzada poderia ser uma exigência comum para todas as zonas e normas se não fosse a diferenciação no RTQ-R que estabelece um valor percentual de área de abertura e também na NBR 15.220 e Selo Azul para a zona 8 na qual especifica que a ventilação deverá ser cruzada permanente. No RTQ-R caso não seja atendido a exigência o ambiente atingirá a classificação máxima C neste requisito.

Por fim, quanto à iluminação natural tem-se a síntese representada na tabela abaixo:

Tabela 5 - Tabela de Pré-requisitos da envoltória – Tabela de Iluminação Natural.

Zoneamento		ZB1 a ZB6	ZB7	ZB8
Norma				
RTQ-R		≥12,5% A útil		
15.575-1	permanência prolongada	≥ 60 lux	≥ 90 lux	≥ 120 lux
	permanência transitória		≥ 30 lux	≥ 45 lux
15.220				
Selo Azul		≥16% A útil	≥ 10% A útil	≥15% A útil

Legenda:

Normas	Nível de desempenho e exigência mínima - Iluminação			
15.220	sem exigência			
RTQ-R	A ou B			
15.575-1	Mínimo não requerido	Mínimo	Intermediário	Superior
Outras	Mínimo			

Fonte: NBR 15.220-3, NBR 15.575-4, Selo Casa Azul e RTQ-R.

Em relação aos parâmetros de iluminação natural, a NBR 15.220 não apresenta exigência alguma para este quesito uma vez que trata especificamente de desempenho térmico não considerando este quesito necessário para análise direta do tema. A NBR 15.575-1 estabelece parâmetros mínimo, intermediário e superior de iluminância em *lux* para áreas de permanência prolongada¹⁷ e transitória¹⁸. Cabe destacar que somente para os ambientes de permanência transitória não é exigido parâmetro mínimo. O Selo Casa Azul e o RTQ-R adotam o parâmetro no qual a soma das áreas de aberturas voltadas para o exterior deve corresponder a no mínimo percentual da área útil (área de piso de ambiente). O RTQ-R considera o mesmo valor de referência para todas as zonas já o Selo Casa Azul considera parâmetros diferentes de iluminação natural para as zonas bioclimáticas. Assim, conforme o Selo Casa Azul deve-se atender para as zonas 1 a 6 um percentual maior ou igual a 16% (Selo Casa Azul), 10% para a zona 7 e 15% para a zona 8 e para o RTQ-R um percentual constante de 12,5%. No Selo Casa Azul, recomenda-se, ainda, que na zona 8 a porcentagem de iluminação dos ambientes não ultrapasse os 20%. No RTQ-R caso não seja atendida a exigência o ambiente atingirá a classificação máxima C neste requisito. Neste caso, os parâmetros são bem diferentes entre si, o que dificulta o estabelecimento de um mínimo comum. Pode-se afirmar, portanto, que o atendimento de 60 *lux* para a iluminação natural atenderia o parâmetro mínimo para as áreas de permanência prolongada e o superior para as áreas de permanência transitória conforme definições da NBR 15.575-1. Já para o Selo Azul e o RTQ-R somente o percentual maior estabelecido em 16% atenderia todas as prescrições. Todavia, para a padronização desta exigência na legislação nacional deve-se adotar ou a unidade de medida em *lux* ou o percentual de área de abertura em relação à área de piso cabendo ainda discussões para o tema.

¹⁷ Como sala de estar, quarto, copa/cozinha, área de serviço.

¹⁸ Como banheiro, corredor, garagem, escadaria.

6. CONCLUSÕES

Conforme se observa no comparativo das normas para o zoneamento brasileiro, o padrão de exigência mínimo comum para o parâmetro de transmitância térmica de paredes poderia considerar o limite de $U \leq 2,5$ W/(m²K) e $CT \geq 130$ KJ/m².K para todas as zonas e normas apesar da NBR 15.220 não associar os valores de transmitância com a absorvância solar e capacidade térmica. Todavia, para alguns casos este parâmetro passaria a ser mais restritivo possibilitando um desempenho melhor do que atualmente se exige. Já para a transmitância térmica da cobertura a prescrição mínima para todas as zonas seria de $U \leq 1,5$ W/(m²K) para superfícies de cores claras e $U \leq 2,3$ W/(m²K) para cores escuras. Caso se adotasse um parâmetro único, independentemente, da absorvância solar o valor limite de transmitância deveria ser de $U \leq 1,5$ W/(m²K) sendo que em alguns casos alcançaria o desempenho intermediário da NBR 15.575. Note-se nos dois casos, para paredes e coberturas, que a NBR 15.220-3 por ser uma norma mais antiga, apresenta, na maioria das vezes, parâmetros mais exigentes, uma vez que não considera a absorvância à radiação solar e capacidade térmica para nenhuma zona.

Em relação aos parâmetros mínimos comuns na legislação para a ventilação natural, o percentual de abertura maior ou igual a 15% estabelecido em relação à área de piso do ambiente só não atenderia a exigência da zona 8 para o ambiente sala estabelecido no Selo Azul e para a NBR 15.220. Os parâmetros da zona 7 são menos exigentes do que para zona 1 a 6, para todas as normas, porém a maior exigência, bem como, as maiores variações nas prescrições ocorrem para a zona 8 fato que indica a necessidade de investigações e discussões quanto a requisição mínima de desempenho para esta zona. Para o parâmetro de ventilação natural, não existe parâmetro intermediário ou superior estabelecido na NBR 15.575-4.

Em relação aos parâmetros de ventilação cruzada, tem-se a recomendação da ventilação seletiva, cruzada e cruzada permanente. A NBR 15575-4 não possui exigência para este quesito, não estabelecendo, portanto, valor mínimo, intermediário ou superior. Nota-se que a zona 1, correspondente a uma zona mais fria do Brasil, também não apresenta necessidade de exigência para o quesito da ventilação cruzada para nenhuma norma. O RTQ-R especifica um valor percentual enquanto as outras normas determinam recomendações de diferentes tipos de ventilação apresentando, portanto, parâmetros diferentes entre si, o que dificulta o estabelecimento de um mínimo comum. Deve-se, portanto, ajustar o referencial determinado para esta variável. Caso se mantenha o valor percentual para indicação do limite para a ventilação cruzada deve-se mudar a NBR 15.220, NBR 15.575 e Selo Casa Azul. Por outro lado, caso persista a orientação do tipo de ventilação deve-se ajustar o RTQ-R.

Em relação aos parâmetros de iluminação natural, a NBR 15.220 não apresenta exigência alguma para este quesito. A NBR 15.575-1 estabelece parâmetros mínimo, intermediário e superior de iluminância em *lux* para áreas de permanência prolongada e transitória, exigindo parâmetro mínimo apenas para os ambientes de permanência prolongada. O Selo Azul e o RTQ-R adotam a referência da soma das áreas de aberturas voltadas para o exterior correspondendo a um percentual mínimo da área útil. Neste caso, assim como ocorreu para a ventilação cruzada, este quesito não tem as solicitações padronizadas o que impossibilita o estabelecimento de um mínimo comum. Para uma comparação efetiva deste quesito deve-se standardizar suas determinações para de iluminância em *lux* ou para percentual mínimo da área de abertura em relação à área do ambiente.

Em suma, para as transmitâncias de parede e cobertura seria possível atingir um valor de referência comum a todas as normas e zonas. Quanto a ventilação natural necessita-se de ajustes nas indicações para a zona 8. Para o parâmetro de ventilação cruzada recomenda-se uniformizar o referencial exigido para possibilitar uma padronização das prescrições. No que tange a iluminação natural deve-se padronizar os parâmetros estabelecidos para então se buscar um valor de comum. Sendo assim, o confronto das normas aponta divergências em várias partes solicitando uma uniformização para facilitar sua aplicação. Contudo, deve-se ter em mente o período em que elas foram elaboradas e/ou revisadas bem como os princípios adotados na escolha dos referenciais para ponderar a pertinência de revisão ou reestruturação. Entretanto, este é um tema delicado, que descortina uma grande polêmica, que tem ganhado cada vez mais força acerca de qual valor normativo atender. Todavia, se fazem necessários maiores estudos e discussões para se incorporar um padrão comum, especialmente no Brasil, no qual ainda se tem várias determinações diferentes para um mesmo parâmetro. Por fim, é importante manter a cautela ao projetar edifícios eficientes utilizando as normas de desempenho térmico...

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220: Desempenho térmico de edificações**. Rio de Janeiro, 2005.
- _____. **NBR 15575 – Edifícios habitacionais de até cinco pavimentos – Desempenho**. Rio de Janeiro, 2008.
- BRASIL. CEF – Caixa Econômica Federal. JOHN, Vanderley Moacyr; PRADO, Racine Tadeu Araújo (Coordenadores). **Selo Casa Azul: Boas práticas para habitação mais sustentável**. São Paulo: Páginas & Letras - Editora e Gráfica, 2010.
- BRASIL. INMETRO – Instituto Nacional de Metrologia. **Regulamento Técnico da Qualidade para o nível de eficiência energética de Edificações Residenciais – RTQ-R**. Rio de Janeiro, 2012.
- _____. **Qualidade / Avaliação da conformidade - Programa Brasileiro de Etiquetagem / Eficiência Energética**. Rio de Janeiro, 1993-2012. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/qualidade/eficiencia.asp>>. Acesso em 15 jun. 2012.
- BRASIL. PROCEL - Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica/EletoBrás. **Pesquisa de Posse de Equipamentos e hábitos de uso - ano base 2005: classe residencial, relatório sudeste**. Rio de Janeiro, 2007.
- BRASIL. PROCEL INFO – Centro Brasileiro de Informação de Eficiência Energética. **Informações Institucionais – Procel**. Rio de Janeiro, [2006]. Disponível em: <<http://www.procelinfo.com.br/main.asp?TeamID={4CC4F5C8-DE07-4E50-9F61-CED15C904533}>>. Acesso em 20 jun. 2012.
- FOSSATI, Michele. **Metodologia para avaliação da sustentabilidade de projetos de edifícios: o caso de escritórios em Florianópolis**. 2008. 342 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.
- TAVARES, Sérgio Fernando. **Metodologia de análise do ciclo de vida energético de edificações residenciais brasileiras**. 2006. 225 f. Tese (doutorado) - Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à ELETROBRAS/PROCEL e à FUNPEC pelos recursos financeiros aplicados no financiamento do projeto.