

DESEMPENHO TÉRMICO DA ENVOLTÓRIA DE EDIFÍCIOS NA ZONA BIOCLIMÁTICA 08: COMPARAÇÃO ENTRE OS MÉTODOS DE SIMULAÇÃO E PRESCRITIVO DO RTQ-R E O MODELO DE CONFORTO ADAPTATIVO

Alice Rück Drummond Dias (1); Bartira Freitas Calado (2); Aldomar Pedrini (3)

(1) Arquiteta, Mestranda do PPGAU/UFRN, alicerdrummond@gmail.com

(2) Graduanda em Arquitetura-UFRN, bartiracalado@yahoo.com.br

(3) PhD, Professor do Departamento de Arquitetura-UFRN, apedrini@ufrnet.br

Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Departamento de Arquitetura, Laboratório de Conforto Ambiental e Eficiência Energética - Lagoa Nova, Natal/RN, CEP 59072-970, Tel.: +55 84 3215-3722

RESUMO

Os regulamentos de eficiência energética de edifícios vêm ganhando importância como norteadores de projetos de edificações. Isso se deve ao atual contexto de racionalização de recursos e gradativa obrigatoriedade da etiquetagem, sendo importante o estabelecimento de critérios e métodos coerentes para reconhecer e aferir o desempenho de edifícios eficientes. O Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais (RTQ-R) classifica a envoltória das edificações a partir do método prescritivo e de simulação, o qual vem passando por um período de amadurecimento, onde os métodos e critérios estão sendo aprimorados gradativamente. Nesse aspecto, o método de classificação por meio do conforto adaptativo, incluindo a consideração do movimento do ar, é amplamente aceito na literatura, porém não é contemplado diretamente no RTQ-R. Dessa forma, esse artigo visa comparar o desempenho térmico aferido pelos métodos de conforto adaptativo e métodos de simulação e prescritivo do RTQ-R no clima quente úmido em Natal/RN, na Zona Bioclimática 08. Foram simulados o desempenho térmico de combinações de Percentual de Abertura da Fachada (PAF) de 20%, 40%, 60%, 90%, e Fator de Céu Visível (FCV) pequeno (3%), médio (30%) e grande (50%), no software DesignBuilder. Os resultados apontaram coerência do modelo de conforto adaptativo e métodos prescritivo do RTQ-R em reconhecer a aplicação das estratégias bioclimáticas em 100% dos modelos, e incoerência do método de simulação do RTQ-R em aferir nível de eficiência compatível mostrando limitações na tabela de limites de (GHR) Indicador de Graus-hora para resfriamento.

Palavras-chave: RTQ-R, simulação computacional, conforto adaptativo, envoltória

ABSTRACT

The regulations of energy efficiency of buildings are becoming important to guide building project decisions. This occurs due to the context of resource rationalization and crescent mandatory labeling, which highlights the importance of consistent methods and criteria to recognize and measure the performance of buildings. The “Technical Regulation of Quality for Energy Efficiency Level of Residential Buildings” (RTQ-R) classifies the buildings envelopes based on two methods: prescriptive method, and the simulation method. The regulations are going through a maturation period, whose methods and criteria are being improved gradually. In this context, the adaptive comfort model, including the air movement effect, is scientifically well accepted, however it is not considered in the RTQ-R. Therefore, this article aims to compare the thermal performance assessment by the adaptive comfort model and the RTQ-R simulation and prescriptive methods in the hot humid climate in Natal/RN, Bioclimatic Zone 08. Combinations of Facade Opening percentage (WWR) of 20%, 40%, 60%, 90%, and Visible Sky Factor (FCV) small (3%), medium (30%) and high (50%) were simulated with DesignBuilder software. The results indicated the adaptive comfort model matches the prescriptive method of RTQ-R in 100% of the models, and discrepancy in relation to the RTQ-R simulation method, pointing limitations in the table limits (GHR) of Degrees-hour Cooling indicator.

Keywords: RTQ-R, computer simulation, adaptive comfort, envelope

1. INTRODUÇÃO

Os métodos de avaliação de desempenho térmico e ambiental ganham cada vez mais espaço, seguindo a tendência internacional, para regular e otimizar o consumo e impacto das edificações. No Brasil, com a futura obrigatoriedade da etiquetagem em todas as edificações do país (já sendo realidade para novas edificações públicas federais conforme lei de obrigatoriedade da normativa IN02/2014), tais práticas têm sido impulsionadas. Estes regulamentos são pautados, quando se trata da envoltória da edificação, no contexto climático a partir das recomendações bioclimáticas tanto para obtenção de conforto térmico como eficiência energética. Estes regulamentos assumem papel norteador das decisões projetuais estabelecendo a base de critérios de desempenho que devem ser atendidos, devendo ser capaz de estabelecer critérios coerentes, assim como principalmente de reconhecer a aplicação destes critérios, aferindo bom desempenho a edifícios eficientes.

O Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais (RTQ-R) estabelece critérios de desempenho da envoltória, classificando o edifício a partir de dois métodos: método prescritivo, mais simplificado através da aplicação de equações que variam de acordo com a zona bioclimática; e o método de simulação, no qual o edifício é modelado em programa de simulação termoenergético e classificado através de tabela de limites de Indicador de Graus-hora para resfriamento (Ghr) para edifícios na Zona Bioclimática 08 e (BRASIL, 2012). Os regulamentos vêm passando por um período de amadurecimento, no qual diversas críticas estão sendo consideradas para aprimoramento de suas metodologias. Dentre as principais críticas estão as equações do método prescritivo, a excessiva burocratização do processo, a relevância das variáveis no consumo energético e a difícil interação do regulamento com o mercado (PEDRINI et al. 2012; RODRIGUES, 2012). Para o método de simulação computacional na Zona Bioclimática 08, estudos aprofundaram a análise do comportamento e coerência da metodologia adotada pelo RTQ-R, como Queiroz (2011) e Montenegro (2012) que apontam incoerências quanto à sensibilidade da equação em variáveis como absorvância da cobertura, capacidade térmica e área de aberturas e de paredes. Silva e Ghisi (2015) em estudo sobre o método de simulação do RTQ-R apontam que deve ser dada mais atenção às tabelas de classificação do RTQ-R, visto que esta é muito exigente para os graus-hora de resfriamento e pouco exigente para o consumo com aquecimento (período de inverno). Segundo Loura et al. (2011) as incoerências do regulamento RTQ-R interferem no desempenho térmico desejado, causando confusão entre os usuários do método, assim como resistência por parte do mercado às avaliações de desempenho.

Em climas onde é enfatizado o uso da ventilação natural, como clima quente úmido, o modelo de conforto adaptativo é uma metodologia coerente para avaliação do desempenho térmico de ambientes naturalmente condicionados, pois considera o efeito do movimento do ar para aferição de conforto térmico, relacionando as temperaturas internas aceitáveis com as temperaturas externas. Existem ainda lacunas neste campo de pesquisa no Brasil, porém trabalhos como de Lamberts et al. (2014) e Negreiros e Pedrini (2010) avançam no sentido de discutir e propor métodos e valores apropriados.

2. OBJETIVO

O objetivo deste estudo é comparar os resultados de desempenho térmico entre o modelo de conforto adaptativo e métodos de simulação e prescritivo do RTQ-R em Natal/RN, na Zona Bioclimática 08, analisando o potencial destes métodos em reconhecer as estratégias de desempenho térmico para o clima quente úmido.

3. MÉTODO

O método consiste em avaliar o desempenho térmico de ambientes internos através do modelo de conforto adaptativo e método de simulação e prescritivo do RTQ-R a fim de identificar a compatibilidade e coerência dos métodos para reconhecer a aplicação de estratégias bioclimáticas para o clima quente úmido. Em ambos os métodos de simulação foi utilizado o programa de simulação computacional DesignBuilder (DESIGNBUILDER, 2009). Foram simuladas combinações de Percentual de Abertura da Fachada (PAF) de 20%, 40%, 60%, 90%, e Fator de Céu Visível (FCV) pequeno (3%), médio (30%) e grande (50%), totalizando doze modelos localizados em Natal/RN (Figura 1). O uso do PAF de 60% e 90% visa representar grandes aberturas, conforme diretriz bioclimática indicada na norma NBR 15220 para Zona Bioclimática 08, sendo justificada para otimização da ventilação natural e aproximação da temperatura interna à temperatura externa, como é indicado para cidades como Natal-RN.

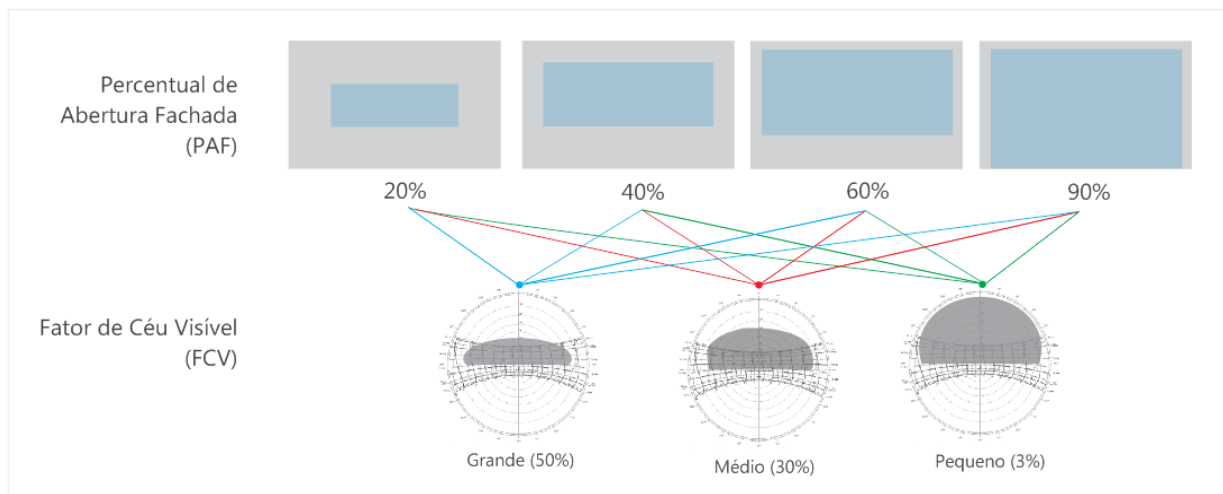


Figura 1 – Combinações das variáveis analisadas nos modelos.

A adoção das variáveis de análise referentes a área de abertura e sombreamento (PAF/FCV) está relacionada ao impacto destas variáveis quanto a permeabilidade da edificação, iluminação natural e obstrução da radiação solar. Os valores de PAF foram definidos com base em pesquisas precedentes como Carvalho (2014) e Moreno (2015), visando representar as variações de área envidraçada da fachada. Para a definição do FCV, a construção dos modelos teve como principal objetivo obstruir 100% da radiação direta das 8h00-16h00, e desobstruir a radiação difusa. Esta estratégia visou compatibilizar a otimização de luz natural com desempenho térmico. Os três padrões de FCV adotados visam aumentar gradativamente o sombreamento da abertura (Figura 2). Foi realizado pequeno ajuste dimensional nas proteções solares devido os diferentes tamanhos de abertura visando obter o padrão de sombreamento estabelecido. Para quantificar o percentual de obstrução da abóboda celeste foi utilizado o método aplicado por Carvalho (2014) por meio das etapas de modelagem geométrica da obstrução (a), obtenção da máscara de sombra do percentual de sombreamento (b), mapeamento das áreas equivalentes a cada um dos percentuais de sombreamento (c) e cálculo do fator de céu visível (d) por meio de planilha excel, utilizando para cada uma das etapas os softwares Revit (2013a), Ecotect (MARSHALL, 2010), AutoCad (AUTODESK, 2013b) e Excel (MICROSOFT, 2013). Foi utilizada máscara de sombra com percentuais de sombreamento para demonstrar os graus de obstrução adotados conforme método aplicado de Carvalho (2014).

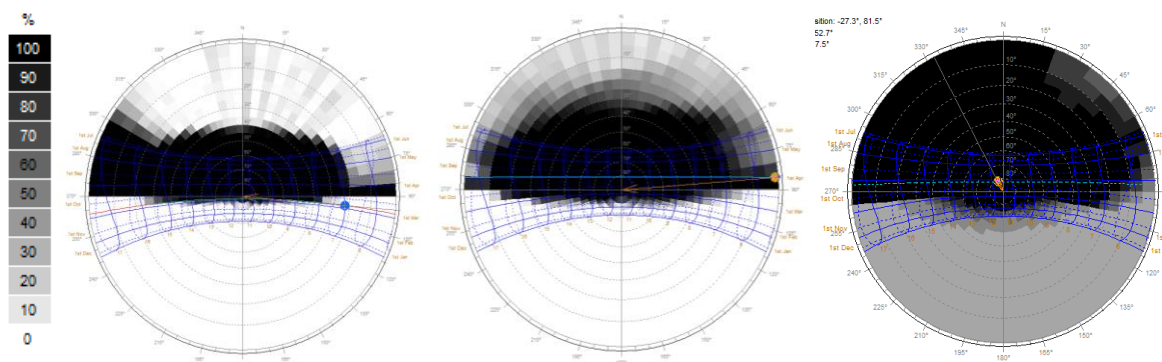


Figura 2– Máscara de sombra dos modelos com FVC grande, médio e pequeno.

Foi considerado um ambiente de edifício residencial unifamiliar térreo de dimensões internas de 5,00 m x 5,00 m x 3,00 m (Figura 3). O ambiente possui uma abertura voltada para orientação Norte, visando otimização térmica e da luz natural, orientação com potencial para elementos de proteção solar fixos e captação da luz natural difusa. Existe também abertura com altura de 0,75 m na fachada sul, visando permitir a ventilação cruzada no ambiente (Figura 3), sendo esta composta por venezianas opacas não permitindo a entrada de radiação solar, apenas propiciando permeabilidade a ventilação. As paredes laterais, para leste e oeste, são adjacentes aos demais ambientes da edificação visando otimização térmica (Figura 3), sendo consideradas adiabáticas nos modelos de simulação. O ambiente possui ventilação cruzada atendendo aos

critérios do RTQ-R. Todos os modelos possuem sombreamento de 100% da fração da abóboda celeste que propicia radiação solar direta das 8h00-16h00, configurando ambiente baseado nas recomendações bioclimáticas de sombreamento e ventilação natural.

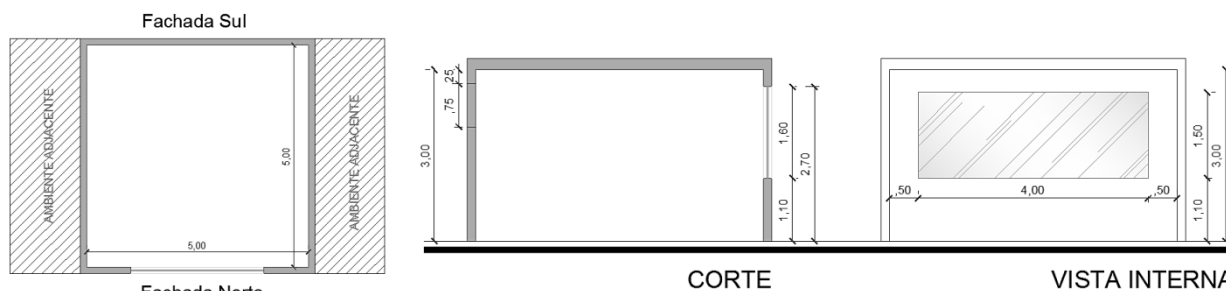


Figura 3 – Planta Baixa do ambiente analisado e Corte (PAF 40%).

As propriedades térmicas dos materiais foram definidas para atender aos requisitos da NBR 15220 (2003), NBR 15575-1 (2013) e os pré-requisitos do nível “A” de eficiência energética do RTQ-R e visando reproduzir os padrões tradicionais construtivos da região. Foi definida parede em alvenaria conforme Figura 4. Esta é composta por argamassa interna de 2,5cm de espessura, bloco cerâmico com dimensões de 9,0 cm x 14,0 cm x 24,0cm e argamassa externa de 2,5cm de espessura. A pintura externa da parede de cor branca possui absorvância de 0,20. A transmitância resultante da parede é de 2,46 W/(m²K) e capacidade térmica de 150 kJ/m²K. A cobertura (Figura 4) foi definida em laje maciça de 10,0cm, com câmara de ar > 5cm e telha cerâmica pintada na cor branca, cuja absorvância é 0,20, a transmitância 2,05 W/(m²K) e a capacidade térmica de 238kJ/m²K. O ambiente atende a todos os critérios mínimos de desempenho estabelecidos nos pré-requisitos do RTQ-R para obtenção do nível “A”, como área efetiva de ventilação natural, ventilação natural cruzada e área efetiva de iluminação natural.

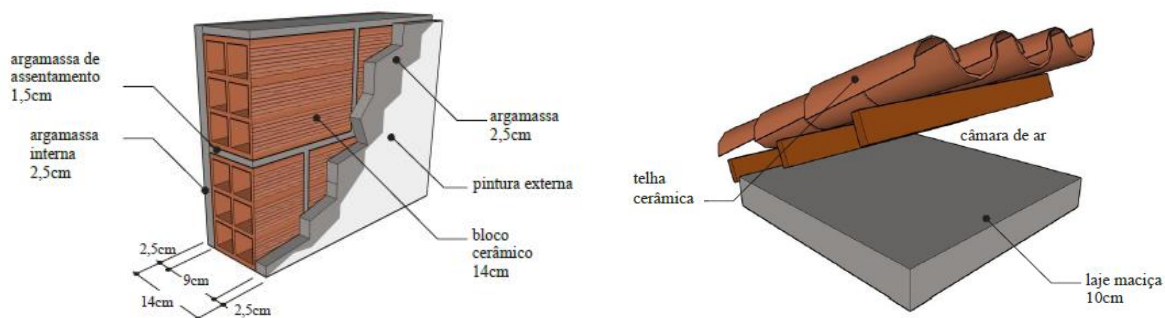


Figura 4 - Composição da parede e cobertura dos modelos conforme anexo V do RAC (BRASIL, 2013).

Para simulação, foram realizadas as etapas de modelagem de geometria, proteção solar (Figura 5), orientação, zona térmica, área envidraçada, configuração das aberturas, materiais de parede e cobertura, rotinas de uso, ocupação, ventilação, densidade de potência instalada de equipamento e iluminação. Foram adotados os parâmetros estabelecidos pelo RTQ-R para o método de simulação computacional quanto ao coeficiente de rugosidade do entorno, coeficientes de pressão superficial, coeficiente de descarga, coeficiente do fluxo de ar por frestas, padrão de uso da ventilação natural, padrão de ocupação, taxa metabólica para cada atividade, padrão de uso iluminação, densidade de potência de iluminação, carga de equipamentos e temperatura do solo dos modelos. As temperaturas mensais do solo foram definidas através do programa Slab do EnergyPlus.



Figura 5 - Configuração de três aberturas com os diferentes FCV considerados (pequeno, médio e grande).

Os resultados computacionais fornecem dados de temperatura do ar interno, externo, temperatura radiante média, temperatura operativa, consumo de energia, indicam as trocas térmicas do ambiente por paredes, pisos, tetos, aberturas, partições internas, portas, infiltrações, ventilação, ocupação, dentre outros. O

presente trabalho fez uso da temperatura do ar e radiante média para os resultados do modelo de conforto adaptativo e uso da temperatura operativa para determinação do nível de eficiência energética, conforme método de simulação do RTQ-R.

3.1 Desempenho térmico pelo modelo de conforto adaptativo

A determinação do desempenho térmico dos modelos, naturalmente ventilados, pelo modelo de conforto adaptativo foi baseada em Lamberts et al. (2014) e modelo de De Dear e Brager (2002) considerando o efeito do movimento de ar para classificação das ocorrências das faixas de conforto, conforto com movimento de ar e desconforto ao calor e ao frio. O aumento nos limites de temperatura operativa aceitável em ambientes naturalmente condicionados foi considerado conforme Lamberts et al. (2014) apresentado na Tabela 1.

Tabela 1 – Aumento nos limites de temperatura operativa aceitável em ambientes naturalmente condicionados resultantes de velocidades do ar acima de 0,3m/s

Velocidade do ar (0,6 m/s)	Velocidade do ar (0,9 m/s)	Velocidade do ar (1,2 m/s)
1,2°C	1,8°C	2,2°C

Fonte: Lamberts et al. (2014).

Os resultados de temperatura operativa interna e temperatura externa, obtidos por meio das simulações computacionais, foram processados em planilha eletrônica e os resultados geraram gráficos conforme Figura 6, que exhibe a frequência das faixas de conforto diária para todo o ano, horários de pico, frequência mensal, nível de desconforto e comparação com o clima externo.

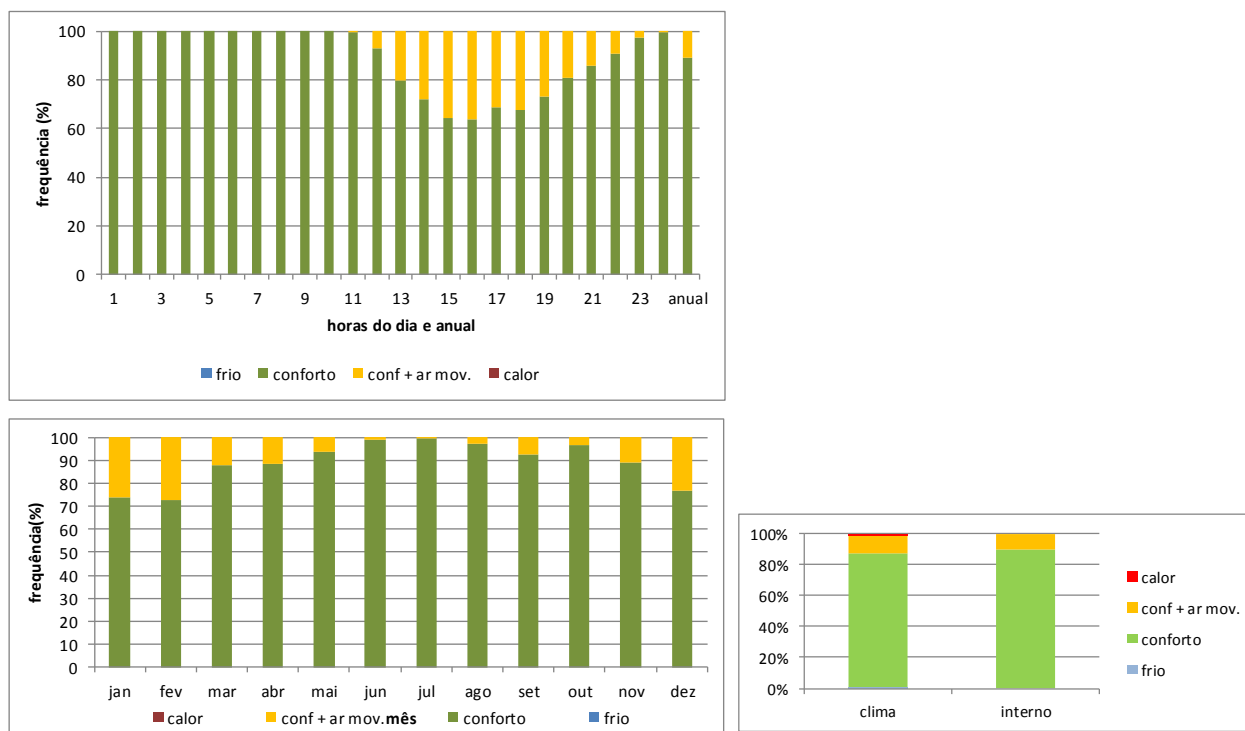


Figura 6 – Gráficos do resultado de desempenho térmico pelo modelo de conforto adaptativo- Adaptado de Negreiros (2010).

Foram considerados satisfatórios os resultados onde existe conforto térmico com ou sem movimento de ar em 80% de horas do ano.

3.2 Determinação do nível de eficiência energética por simulação RTQ-R

A obtenção do nível de eficiência energética da envoltória conforme o método de simulação do RTQ-R foi realizado através do Indicador de Graus-Hora de Resfriamento (GHR) enquadrando o somatório de GHR para cada nível de eficiência, conforme a tabela de limites do RTQ-R (Tabela 2). O Método utiliza 26°C como temperatura base para cálculo de graus hora, sendo o indicador definido através da temperatura operativa do ambiente e independente de temperaturas de conforto.

Tabela 2 –Escala para etiquetagem da envoltória com ventilação natural por Zona Bioclimática do RTQ-R.

	ZB1	ZB2	ZB3	ZB4	ZB6	ZB7	ZB8
ZERO	0	225	0	0	0	6509	2053
INTERVALO		2085	822	727	2745	6057	3156
A	143	2310	822	727	2745	12566	5209
B	287	4395	1644	1454	5490	18623	8365
C	430	6480	2466	2181	8235	24680	11521
D	574	8565	3288	2908	10980	30737	14677
E	717	10650	4110	3635	13725	36794	17833

Fonte: Brasil (2012)

3.3 Determinação do nível de eficiência energética pelo método prescritivo do RTQ-R

O nível de eficiência energética da envoltória pelo método prescritivo do RTQ-R foi obtido através do levantamento das variáveis pertinentes como dados do ambiente de área útil e pé direito, propriedades térmicas das paredes externas e cobertura, situação do piso e cobertura, metragem das paredes externas e áreas de abertura para cada orientação, além das características de sombreamento e ventilação das aberturas (variáveis F_{vent} e $somb$). A variável F_{vent} representa o percentual de área efetiva de ventilação da abertura, enquanto que o $somb$ é variável que representa o sombreamento da abertura. A partir destes quantitativos o nível de eficiência energética da envoltória foi calculado através de planilha de desempenho da Unidade Habitacional disponibilizada no site do Pbeedifica, conforme instruções disponibilizadas no mesmo site.

3.4 Análise e comparação dos resultados

Os resultados obtidos através de cada método foram analisados em satisfatório ou não satisfatório, utilizando os níveis de classificação de “A” a “E” para os métodos do RTQ-R e considerando percentuais iguais ou superiores a 80% de horas do ano em conforto com e sem movimento de ar para o método de conforto adaptativo. Foram comparados os resultados obtidos em cada método para os casos de variação paramétrica de fator de céu visível e percentual de área de abertura, verificando a coerência e compatibilidade entre os resultados de cada caso.

4. RESULTADOS

Os resultados de desempenho dos modelos obtidos pelo método de conforto adaptativo, método prescritivo do RTQ-R e método de simulação do RTQ-R são apresentados na Tabela 3. No método prescritivo todos os modelos resultaram em envoltória com Indicador de Graus Hora de Resfriamento inferior a 5209, obtendo classificação nível “A” de eficiência energética, melhor índice de desempenho.

Tabela 3 – Resultados de desempenho térmico dos modelos para os métodos de conforto adaptativo, método prescritivo do RTQ-R e método de simulação do RTQ-R

PAF (%) - Percentual de abertura na fachada		FCV - Fator de Céu Visível			
		20%	40%	60%	90%
FCV Pequeno	Conforto adaptativo	↑ (0% de Desconforto)	↑ (0% de Desconforto)	↑ (0% de Desconforto)	↑ (0% de Desconforto)
	Método RTQ-R Prescritivo	A	A	A	A
	Método RTQ-R Simulação	E	E	E	E
FCV Médio	Conforto adaptativo	↑ (0% de Desconforto)	↑ (0% de Desconforto)	↑ (1% de Desconforto)	↑ (1% de Desconforto)
	Método RTQ-R Prescritivo	A	A	A	A
	Método RTQ-R Simulação	E	E	E	E
FCV Grande	Conforto adaptativo	↑ (0% de Desconforto)	↑ (0% de Desconforto)	↑ (1% de Desconforto)	↑ (1% de Desconforto)
	Método RTQ-R Prescritivo	A	A	A	A
	Método RTQ-R Simulação	E	E	E	E

Para o método de conforto adaptativo houve ocorrência superior a 80% de horas do ano em conforto térmico com ou sem movimento de ar, resultando em desempenho térmico satisfatório em 100% dos modelos. Nenhum dos modelos não se mostrou desconfortável ao calor, sendo verificada uma pequena ocorrência de 1% de desconforto por calor nos modelos com PAF de 60 e 90% para FCV médio e grande (Figura 7), onde existe maior influência da radiação difusa e tamanho das aberturas mais avantajado em comparação aos demais modelos. Estes resultados vão de encontro no reconhecimento das estratégias de otimização térmica aplicadas nos modelos do clima quente úmido da cidade em questão, que a partir da ventilação abundante para remoção do calor e obstrução da radiação solar direta, grande responsável pelo aquecimento dos ambientes, foi possível obter conforto térmico.

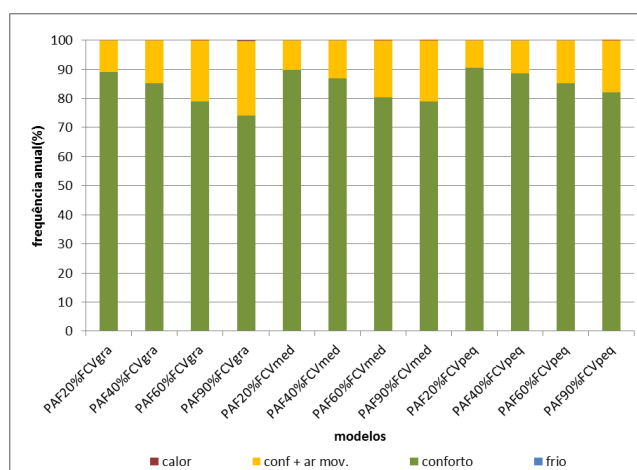


Figura 7 - Gráfico de desempenho pelo modelo de conforto adaptativo dos modelos

Os resultados obtidos pelo método de simulação do RTQ-R aferiram classificação de eficiência energética nível “E” em 100% dos modelos, que corresponde a pior classificação de eficiência energética. A tabela de limite de Indicador de Graus Hora, ferramenta que define a classificação dos modelos não demonstrou sensibilidade para reconhecer diferenças entre os modelos.

5. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos por meio do modelo de conforto adaptativo e método prescritivo do RTQ-R mostraram-se coerentes no reconhecimento das estratégias bioclimáticas aplicadas nos modelos, como ventilação natural, sombreamento da radiação direta, sistemas construtivos adequados, em cumprimento aos requisitos de desempenho térmico recomendados pelo RTQ-R para ambientes na Zona Bioclimática 08.

O método de classificação de eficiência energética por simulação do RTQ-R para a cidade de Natal revelou-se incompatível com o modelo adaptativo, não reconhecendo diferenças de desempenho dos modelos e classificando no pior nível de eficiência (nível “E”) todos os modelos onde foram aplicadas as recomendações bioclimáticas e os pré-requisitos de desempenho do próprio regulamento RTQ-R.

Estes resultados demonstram necessidade de revisão do método de simulação do RTQ-R, principalmente quanto à tabela de limites de G_{hr} para classificação do nível de eficiência na Zona Bioclimática 08, visto que é prevista sua futura obrigatoriedade e seu impacto como rebatimento projetual.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT. Desempenho térmico de edificações Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social - NBR 15220-3. Rio de Janeiro: **ABNT. NBR15220-3**: 29/04/2005, 2005. p.30.
- _____. **NBR 15575**: Edificações habitacionais de até cinco pavimentos – Desempenho. Rio de Janeiro, 2013.
- AUTODESKa, **Revit Server Overview**. 2013.
- AUTODESKb, INC. **AutoCAD** 2013.
- BRAGA, N.B.Q. **A Inter-Relação entre Distribuição Espacial e Desempenho Térmico em Residências Unifamiliares Naturalmente Ventiladas em Natal/RN**. 2013. (Mestrado). Programa de pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, Florianópolis
- BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO). **Portaria nº 18, de 16 de janeiro de 2012**. Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Residenciais (RTQ-R). Brasília, 2012.
- _____. Ministério do Planejamento. **Normativa nº 02/2014/MPOG/SLTI**: obrigatoriedade da etiqueta Procel em prédios públicos federais, de 4 de junho de 2014. Disponível em: <<http://www.planalto.gov.br/>> . Acesso em: 8 abr. 2014.
- _____. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO). **Portaria nº 50, de 1 de fevereiro de 2013**. Requisitos de Avaliação da Conformidade para a Eficiência Energética de Edificações (RAC). Brasília, 2013.
- CARVALHO, J.P.V. **Potencial de Iluminação Natural em sala de Aula para Natal/RN**. 2014. (Mestrado). Programa de pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN, Natal.
- DE DEAR, R.J. and BRAGER, G.S. (2002). Thermal comfort in naturally ventilated buildings: revisions to ASHRAE Standard 55, **Energy and Buildings** 34 (2002) (6), pp. 549–561.
- DESIGNBUILDER SOFTWARE LTD. **DesignBuilder**, 2000-2009.
- LAMBERTS, R; CANDIDO, C, DE DEAR, R, DE VECCHI, R. **Towards a Brazilian Standard on Thermal Comfort: Research Report** Universidade Federal de Santa Catarina e Universidade de Sydney, Sydney, 2014.
- LOURA, Rejage Magiag; ASSIS, Eleonora Sad de; BASTOS, Leopoldo E. G. Análise comparativa entre resultados de desempenho térmico de envoltórias de edifício residencial gerados por diferentes normas brasileiras. **Encac/Elacac**: Búzios, 2011.
- MONTENEGRO, J.M. **Análise da envoltória à luz do regulamento técnico da qualidade para o nível de eficiência energética de edificações residenciais (RTQ-R) em tipologias verticais no município de Natal/RN**. (Mestrado). 2012. Programa de pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN, Natal.
- MARSHALL, A. **Ecotect Analysis 2010** 2010.
- MICROSOFT, **Office Excel**. 2010.
- MORENO. V.P.C. **Estratégias de Projeto e iluminação natural em escolas: uma Análise de Sistemas de Aberturas para o Clima Tropical quente e úmido**. (Mestrado). 2015. Programa de pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN, Natal.
- NEGREIROS, B. A. ; PEDRINI, A. Consideração do Movimento do Ar na Avaliação do Desempenho Térmico de Habitação Unifamiliar. In: XVI Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 2012, Juiz de Fora. ENTAC: **Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído**, 2012.
- PBEEDIFICA. **Tabelas de classificação pelo método de simulação**. Disponível em: <<http://www.pbeedifica.com.br/etiquetagem/residencial/simulacao>>. Acesso em: 10 março 2015.
- PEDRINI, A, C. O. M. ; DIAS, A. R. D ; OLIVEIRA, P. A de ; HAZBOUN, V. D. ; MARTINS, M. R. ; PACHECO, G.H.S ; CARMO, F. A. L. C. ; RODRIGUES.C.O.M . Aplicação da etiquetagem do nível de eficiência energética de edifícios RTQ-C. In: XVI Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 2012, Juiz de Fora. XVI Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 2012.
- QUEIROZ, N.; MONTENEGRO, J.; PEDRINI, A; TINOCO, M. Análises Paramétricas da Equação de Graus Hora de Resfriamento da Etiqueta Residencial do PROCEL para Zonas Bioclimáticas 5 e 8. In: **XI ENCAC/ VII ELACAC**, Rio de Janeiro, 2011.
- SILVA, A.; GHISI, E. Análise comparativa dos resultados de desempenho térmico da envoltória de uma edificação residencial pelos métodos de simulação do RTQ-R e da NBR 15575-1. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 14, n. 1, p. 213-230, jan./mar. 2014.

AGRADECIMENTOS

A equipe Labcon/UFRN e a Eletrobrás pelo apoio ao Laboratório de Conforto Ambiental – Labcon/UFRN.