

EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM RESIDÊNCIAS: ADEQUAÇÃO DOS PARÂMETROS DE USO E OCUPAÇÃO PRECONIZADOS NO RTQ-R À REALIDADE DE UMA HIS EM PELOTAS – ZB2

Raquel Ramos Silveira da Mota¹, Eduardo Grala da Cunha², Beatriz Echenique Gioielli³,
Rafael Borges Signorini⁴, Renata Dalben⁵, Letícia Siqueira⁶, Mariane Brandalise⁷,
Renata Caetano Pereira⁸, Pauline Reis⁹

Resumo: Este artigo consiste na adequação dos parâmetros de uso e ocupação preconizadas no Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética em Edificações Residenciais (RTQ-R) à realidade de uma habitação de interesse social em Pelotas – ZB2. Em 2010, foi publicado o RTQ-R, definindo os requisitos técnicos e os métodos para classificação do nível de eficiência energética em edificações residenciais. Os métodos adotados para o estudo são a aplicação de questionários estruturados e a simulação computacional por meio do *software Energy Plus*. Foi escolhido o conjunto Residencial Luna, classificado como faixa salarial III do programa Minha Casa Minha Vida. Os resultados obtidos mostram que a potência instalada dos equipamentos elétricos é maior do que a estabelecida pelo regulamento. No aspecto da iluminação percebe-se grande interferência da sazonalidade nos horários de acionamento.

Palavras-chave: RTQ-R. Simulação computacional. Habitação de interesse social. Uso e ocupação.

1 INTRODUÇÃO

As habitações de interesse social no Brasil surgiram como solução para a grande demanda por moradia entre as famílias de baixa renda. Por meio de políticas públicas iniciadas com o Banco Nacional da Habitação (BNH) e atualmente com a Caixa Econômica Federal por meio do programa Minha Casa Minha Vida, houve expansão desse tipo de construção. Entretanto, a pouca importância dada à fase de projeto e de especificação dos materiais implica na execução de edificações de baixa

1 Mestranda no Programa de Pós Graduação em Arquitetura e Urbanismo da UFPEL. arq.raquelmota@gmail.com

2 Professor do Programa de Pós Graduação em Arquitetura e Urbanismo da UFPEL. eduardogralacunha@yahoo.com.br

3 Graduanda na faculdade de Arquitetura e Urbanismo da UFPEL. beagioielli@gmail.com

4 Graduando na faculdade de Arquitetura e Urbanismo da UFPEL. signorini.rafael@yahoo.com.br

5 Aluna especial no Programa de Pós Graduação em Arquitetura e Urbanismo da UFPEL. renata_dalben@hotmail.com

6 Graduando na faculdade de Engenharia do Petróleo da UFPEL. leticiasiqueirads@gmail.com

7 Mestre em Arquitetura e Urbanismo pelo Programa de Pós Graduação em Arquitetura e Urbanismo da UFPEL. marianebrandalise@yahoo.com.br

8 Graduando na faculdade de Arquitetura e Urbanismo da UFPEL. pereiracrenata@gmail.com

9 Graduando na faculdade de Engenharia do Petróleo da UFPEL. reispauline@hotmail.com

qualidade construtiva, desprovidas de boas soluções de conforto térmico e eficiência energética. As questões financeiras prevalecem na maioria das decisões, o que leva ao descontentamento do usuário. Percebe-se que os programas para habitação de interesse social vêm sendo implementados em todo o território nacional de forma padronizada, sem haver preocupação com especificidades regionais, principalmente no que diz respeito às questões climáticas. Considerando essa padronização dos projetos arquitetônicos e das especificações dos materiais, os erros de projeto são ampliados em larga escala. Os projetos deveriam considerar as grandes diversidades socioeconômica, cultural, climática e tecnológica entre as diferentes regiões do Brasil, o que geraria habitações mais eficientes em diversos aspectos, inclusive energeticamente.

Segundo o Balanço Energético Nacional (BEN, 2015), grande parte da energia produzida mundialmente é consumida pelas edificações. Os sistemas de iluminação e o condicionamento de ar consomem parcela considerável da energia elétrica das edificações dos setores residencial, público e comercial, cuja participação no consumo total de energia elétrica no Brasil é bastante significativa. Além disso, a estabilidade da economia aumentou o poder aquisitivo dos brasileiros nos últimos anos e fez com que os equipamentos elétricos estejam acessíveis a grande parte da população, aumentando o consumo energético.

Houve grande crise energética em 2001, acontecendo diversos “apagões” (períodos sem energia elétrica), o que levou a uma série de medidas para reverter essa situação. Uma delas foi a etiquetagem de edificações, iniciando com o Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética em Edificações Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C) em 2009. Em 2010, o Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética em Edificações Residenciais (RTQ-R) foi publicado, definindo os requisitos técnicos e os métodos para classificação de edificações residenciais. Houve atualização do Regulamento em 2012. A avaliação do Regulamento da edificação residencial é feita por dois métodos: o método prescritivo e a simulação computacional. O método prescritivo é feito pelo atendimento de pré-requisitos e equações. Já a simulação é feita por meio de *softwares* verificados pela ASHRAE 140.

A simulação computacional pode avaliar o desempenho termoenergético de uma edificação, porém, sua utilização na etapa de concepção de projeto permite elaborar estratégias que visam à eficiência energética (SILVA; GHISI; LUIZ, 2014). Para a utilização desse método, é necessário usar *software* verificado pela ASHRAE 140 (2004), que precisa ser calibrado com diversos parâmetros que estão relacionados com o comportamento do usuário. O RTQ-R (2012) aborda variáveis como padrão de uso da ventilação natural, padrão de ocupação, padrão de uso da iluminação, densidade de potência instalada de iluminação, padrão de uso dos equipamentos, padrão de uso do ar-condicionado, temperatura e umidade. No entanto, alguns aspectos, como a quantidade de equipamentos elétricos e potência de iluminação, são abordados de maneira muito simplificada.

2 OBJETIVO

Este artigo tem o intuito de verificar a adequação dos parâmetros de uso e ocupação utilizados no método de simulação computacional do RTQ-R (2012) a uma habitação de interesse social em Pelotas – ZB2, por meio da aplicação de questionários estruturados e simulação computacional.

3 MÉTODO

3.1 Aspectos gerais

O método utilizado para o desenvolvimento do trabalho constitui-se de nove etapas, explicadas a seguir:

- 1) definição dos conjuntos habitacionais em que foram aplicados os questionários e obtidos os dados para a simulação computacional.

A faixa III foi escolhida para proporcionar a interface dos programas habitacionais com as residências da iniciativa privada em termos de padrão construtivo e maior poder de consumo dos usuários;

- 2) aplicação do cálculo de população no condomínio selecionado.

Para o cálculo da população foi utilizado o nível de confiança de 95% com prevalência estimada de 50%;

- 3) definição das variáveis a serem obtidas e das técnicas para obtê-las.

Para que se compreendam as rotinas de uso e ocupação e apliquem-nas na simulação, cinco tópicos devem ser abordados: padrão de uso da ventilação natural; padrão de ocupação; padrão de uso da iluminação; padrão de uso dos equipamentos; e padrão de uso do ar-condicionado. A técnica escolhida para obter esses dados é o uso de questionários estruturados.

- 4) levantamento de dados em campo.

Esta etapa consiste na aplicação dos questionários no condomínio estudado. Antes de começar a aplicação, foram enviadas cartas aos condôminos apresentando a pesquisa.

Os questionários foram aplicados pessoalmente nos meses de dezembro de 2014 a março de 2015. Por ser período de férias, muitos moradores estavam viajando, atrasando um pouco a pesquisa. A aplicação dos questionários aconteceu geralmente na entrada do condomínio, tendo em vista que os moradores tinham receio da entrada dos pesquisadores em seus apartamentos. Dos 60 apartamentos dos três blocos do prédio analisado, 45 condôminos responderam à pesquisa e outros cinco apartamentos estavam vazios.

Os questionários abordam todos os padrões de uso do Regulamento e cada pergunta é uma variável que depois é codificada em 0 e 1. Algumas perguntas possuem mais de uma variável, por exemplo, em relação aos horários, cada hora do dia é uma variável. Ao lado das perguntas, o questionário possui uma barra para a codificação para que quem está digitando o banco de dados possa se guiar. Os questionários são digitados duas vezes e cruzados, de maneira que os erros sejam minimizados;

- 5) tratamento e análise dos dados obtidos;

Os dados coletados foram passados para o *software* SPSS, com o intuito de obter as porcentagens das respostas de cada variável;

- 6) modelagem e aplicação dos parâmetros nas simulações a partir dos resultados encontrados pela análise dos dados tratados.

A seguir a metodologia utilizada na modelagem da edificação:

1. modelagem da habitação de interesse social no *software* SketchUp com o *plug-in* Open Studio;
2. definição do arquivo climático a ser utilizado no modelo e caracterização dos dias típicos;
3. configuração dos parâmetros de uso e ocupação segundo o RTQ-R (2012) e os parâmetros de uso e ocupação obtidos em campo;
4. configuração dos materiais utilizados na habitação;
5. configuração dos parâmetros de ventilação natural e de climatização artificial;
6. cálculo da temperatura do solo – por meio do pré processador Slab;

7. definição dos dados de saída do programa;

8. simulação dos dois modelos;

9. verificação de erros.

7) simulação dos modelos definidos;

Simulação pelo EP Launch, adicionando o arquivo climático EPW de Santa Maria;

8) tratamento e análise dos dados encontrados, comparação entre o modelo calibrado com os parâmetros do RTQ-R e o modelo calibrado com os parâmetros obtidos em campo. Elaboração de gráficos com os resultados obtidos e determinação dos equivalentes numéricos da envoltória dos ambientes para resfriamento e aquecimento;

9) análise das contribuições para o RTQ-R.

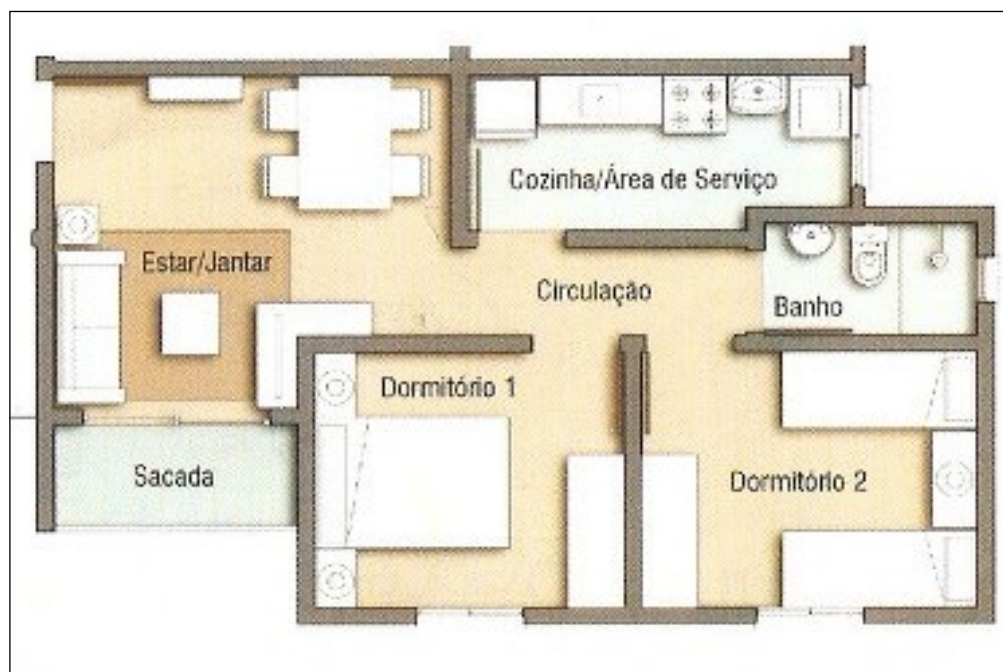
Por meio da análise dos dados da simulação serão feitas considerações no que diz respeito aos parâmetros de uso e ocupação do RTQ-R (2012).

2.2 Habitação avaliada

Para este estudo foi escolhido o conjunto habitacional Residencial Luna, localizado no bairro Fragata, em Pelotas – Rio Grande do Sul. Essa habitação foi escolhida por ser da faixa salarial III (de R\$ 3.275 a R\$ 5.000) do programa Minha Casa Minha Vida, com o intuito de proporcionar a interface dos programas habitacionais com as residências da iniciativa privada em termos de padrão construtivo e de maior poder de consumo dos usuários.

A habitação é constituída de três blocos de cinco andares, com 20 apartamentos em cada um, sendo estes com dois dormitórios e com cozinha separada da sala. A planta baixa do pavimento é apresentada na Figura 1.

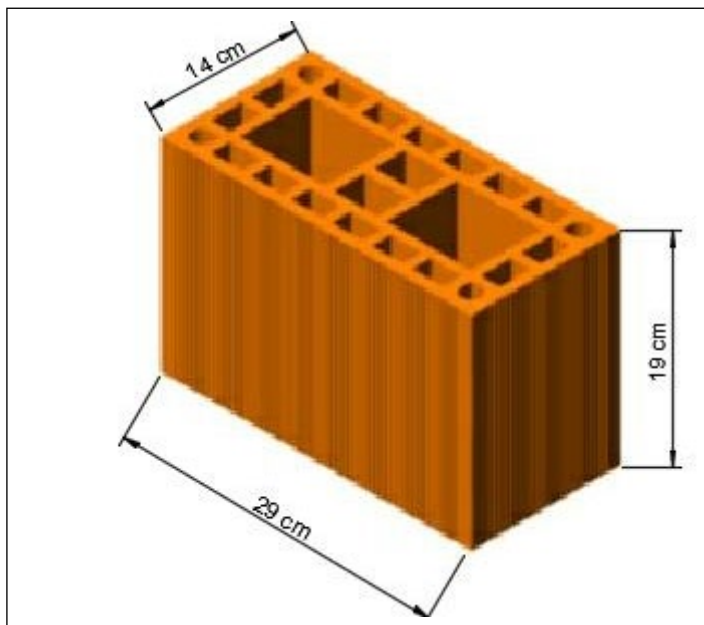
Figura 1 – Planta baixa do Residencial Luna



Fonte: Micheleon Arquitetura.

As paredes são compostas por blocos estruturais cerâmicos de 14 x 19 x 29 cm (FIGURA 2) e a cobertura é composta por laje de 8 cm e telha de fibrocimento de 2 cm.

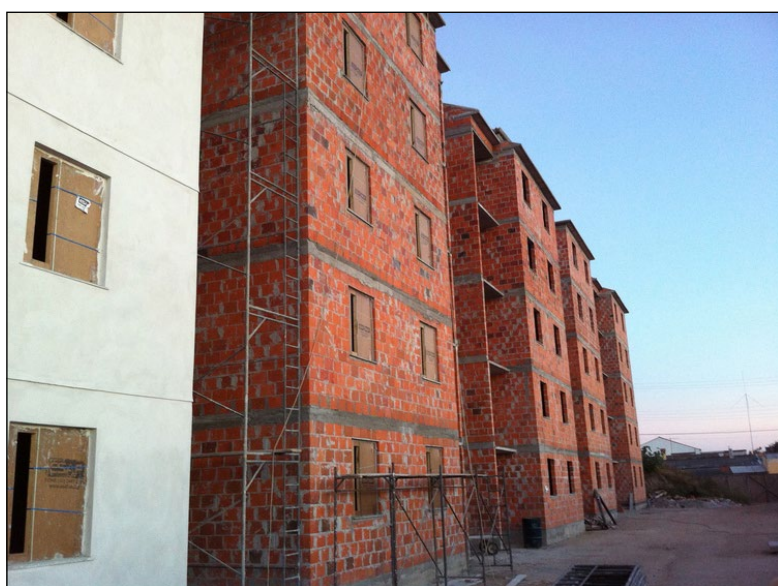
Figura 2 – Bloco estrutural cerâmico utilizado nas paredes da HIS



Fonte: Disponível em: <www.pauluzzi.com.br>. Acesso em: 15 dez. 2014.

Foram calculadas a transmitância e a capacidade do bloco cerâmico, chegando se aos valores de $U = 2,08 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ e $C = 185,5 \text{ kJ/m}^2 \cdot \text{K}$. Na Figura 3 é possível observar a habitação na sua fase de execução.

Figura 3 – Imagem da execução do Residencial Luna



Fonte: Michelon Arquitetura.

3.3 Parâmetros para a simulação preconizados no RTQ-R (2012)

Para a aplicação do método de simulação do RTQ-R (2012) utilizam-se os seguintes parâmetros: taxa de ocupação de duas pessoas por dormitório e quatro pessoas na sala, e *schedules* de horários de ocupação e de iluminação conforme o Regulamento. As *schedules* serão representadas neste artigo no item 4, em comparação com as *schedules* obtidas na pesquisa.

Densidade de potência instalada de iluminação de 5 W/m² para dormitórios e de 6 W/m² para a sala. Consideram-se as potências dos equipamentos para o período de 24 horas do dia durante todo o período de simulação, utilizando 1,5 W/m² para a sala. Utiliza-se o programa Slab, que está vinculado ao *EnergyPlus*, para calcular as temperaturas do solo.

O sistema de condicionamento de ar deve ser instalado nos ambientes de permanência prolongada das UHs, excluindo dormitórios de serviço. Para a sala, deve-se utilizar o mesmo padrão adotado nos dormitórios: temperatura do termostato de refrigeração de 24°C para todas as zona bioclimáticas; temperatura do termostato de aquecimento de 22°C somente para as zonas bioclimáticas 1 a 4. O condicionamento artificial foi considerado no período das 21h às 8h. A edificação deve ser ventilada naturalmente no período das 9h às 20h.

4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

4.1 Resultados obtidos com a aplicação de questionários no Residencial Luna

Referente a taxa de ocupação, estabelecida no RTQ-R (2012) com duas pessoas por dormitório e quatro pessoas na sala, observou-se que 51,11% dos usuários responderam ter apenas três moradores por apartamento e somente 4,44% responderam ter quatro pessoas. Na Figura 4 pode-se ver a porcentagem das respostas dos moradores sobre a quantidade de pessoas que moram na habitação.

Figura 4 - Porcentagem das respostas dos moradores sobre a quantidade de pessoas que moram na habitação



Fonte: Dos autores.

Os moradores responderam sobre quais as refeições que fazem em casa, sendo que 47% responderam que três pessoas tomam café da manhã, 49% não almoçam e 31% responderam que três pessoas almoçam. Referente ao lanche da tarde 75% não fazem esta refeição em casa. Já o jantar, 45% responderam que três pessoas fazem esta refeição.

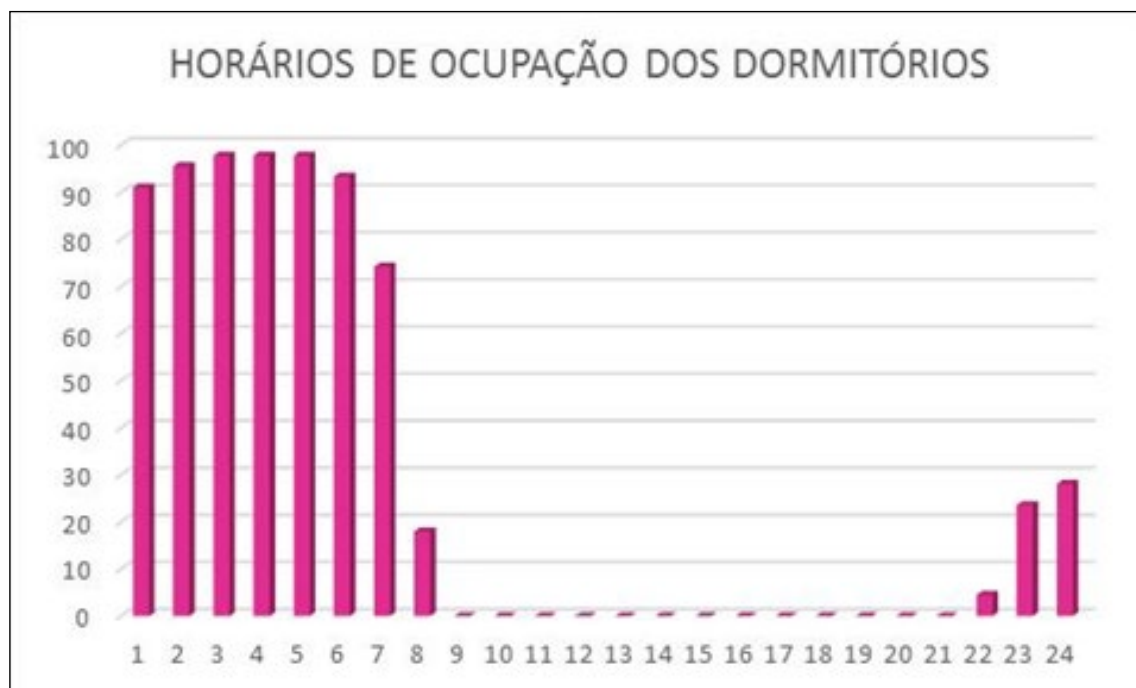
Nas Figuras 5 e 6 estão apresentados os horários de ocupação da sala e dos quartos durante as 24 horas do dia.

Figura 5 - Horários de ocupação da sala



Fonte: Dos autores.

Figura 6 – Horários de ocupação dos dormitórios



Fonte: Dos autores.

Nas Tabelas 1 e 2 é apresentada comparação dos horários de ocupação do RTQ-R (2012) e das respostas da pesquisa.

Tabelas 1 - Comparação dos padrões de ocupação da sala.

COMPARAÇÃO DOS PADRÕES DE OCUPAÇÃO - SALA			
HORA	RTQ-R - DIA DE SEMANA	RTQ-R - FINAL DE SEMANA	PESQUISA
1	0	0	6.67
2	0	0	4.44
3	0	0	2.22
4	0	0	0
5	0	0	0
6	0	0	0
7	0	0	8.89
8	0	0	11.11
9	0	0	17.78
10	0	0	20
11	0	25	17.78
12	0	75	17.78
13	0	0	20
14	25	75	22.22
15	25	50	22.22
16	25	50	22.22
17	25	50	22.22
18	25	25	33.33
19	100	25	80
20	50	50	95.56
21	50	50	97.78
22	0	0	100
23	0	0	93.33
24	0	0	57.78

Fonte: Dos autores.

Tabela 2 – Comparação dos padrões de ocupação dos dormitórios.

COMPARAÇÃO DOS PADRÕES DE OCUPAÇÃO - DORMITÓRIOS			
HORA	RTQ-R - DIA DE SEMANA	RTQ-R - FINAL DE SEMANA	PESQUISA
1	100	100	91.01
2	100	100	95.505
3	100	100	97.755
4	100	100	97.755
5	100	100	97.755
6	100	100	93.28
7	100	100	74.165
8	0	100	17.98
9	0	100	0
10	0	50	0
11	0	0	0
12	0	0	0
13	0	0	0
14	0	0	0
15	0	0	0
16	0	0	0
17	0	0	0
18	0	0	0
19	0	0	0
20	0	0	0
21	50	50	0
22	100	100	4.495
23	100	100	23.56
24	100	100	28.055

Fonte: Dos autores.

Em relação ao aspecto de sombreamento, 89% das unidades possuem cortinas. Com base nas respostas, pode-se observar que a maioria possui cortina nos ambientes, exceto no banheiro. As esquadrias do conjunto habitacional não possuem venezianas, apenas uma moradora respondeu ter colocado por iniciativa própria.

No aspecto de ventilação natural, foram questionados os horários de abertura de portas e janelas de todos os ambientes. As respostas mostram que as pessoas ventilam os apartamentos durante todo dia, coincidindo com os horários de condicionamento artificial. Por esse motivo adotamos os horários preconizados no Regulamento nos parâmetros da simulação. Na Figura 7 estão apresentados os horários em que as pessoas abrem as portas e janelas da sala.

Figura 7 – Horários em que as pessoas abrem as portas e as janelas



Fonte: Dos autores.

Grande parte das pessoas possui lâmpadas fluorescentes compactas, mas algumas habitações ainda têm lâmpadas incandescentes. Por exemplo, na sala, 86,7% possuem lâmpadas fluorescentes compactas e 15,6% possuem lâmpadas incandescentes.

Nas Figuras 8 e 9 está representado o acionamento da iluminação na sala e nos dormitórios, conforme dados da pesquisa.

Figura 8 - Horários em que as pessoas utilizam a iluminação artificial na sala



Fonte: Dos autores.

Figura 9- Horários em que as pessoas utilizam a iluminação artificial nos dormitórios



Fonte: Dos autores.

Nas Tabelas 3 e 4 é possível comparar os padrões de iluminação do RTQ-R (2012) com os parâmetros da pesquisa.

Tabela 3 - Comparação dos padrões de iluminação da sala.

COMPARAÇÃO DOS PADRÕES DE ILUMINAÇÃO - SALA			
HORA	RTQ-R - DIA DE SEMANA	RTQ-R - FINAL DE SEMANA	PESQUISA
1	0	0	4.4
2	0	0	4.4
3	0	0	0
4	0	0	0
5	0	0	0
6	0	0	0
7	0	0	4.4
8	0	0	0
9	0	0	4.4
10	0	0	2.2
11	0	100	2.2
12	0	100	2.2
13	0	0	2.2
14	0	0	2.2
15	0	0	2.2
16	0	0	2.2
17	100	100	6.7
18	100	100	15.6
19	100	100	75.6
20	100	100	93.3
21	100	100	97.8
22	0	0	100
23	0	0	91.1
24	0	0	66.7

Fonte: Adaptado pelos autores de RTQ-R(2012).

Tabela 4 - Comparação dos padrões de iluminação dos dormitórios.

COMPARAÇÃO DOS PADRÕES DE ILUMINAÇÃO - DORMITÓRIOS			
HORA	RTQ-R - DIA DE SEMANA	RTQ-R - FINAL DE SEMANA	PESQUISA
1	0	0	4.4
2	0	0	4.4
3	0	0	0
4	0	0	0
5	0	0	0
6	0	0	8.9
7	100	0	4.4
8	0	0	0
9	0	100	0
10	0	50	0
11	0	0	0
12	0	0	0
13	0	0	0
14	0	0	0
15	0	0	0
16	0	0	0
17	0	0	0
18	0	0	15.6
19	0	0	75.6
20	0	0	91.1
21	100	100	95.55
22	100	100	47.8
23	0	0	50
24	0	0	60

Fonte: Adaptado pelos autores de RTQ-R(2012).

Referente ao condicionamento artificial, 71% dos respondentes possuem ar-condicionado, 100% são do tipo *split*, e 75% responderam ter apenas um aparelho de ar-condicionado. A maior porcentagem obtida da localização do aparelho de ar-condicionado foi na sala, sendo 52% dos aparelhos de potência de 12.000 BTUs. Alguns usuários disseram ter um ar condicionado com potência maior na sala, para que refrigere também os quartos, tendo em vista que o apartamento é pequeno. Para a simulação, a configuração do Regulamento foi mantida, assim como a ventilação natural. Na Figura 10 apresenta-se a porcentagem nas 24 horas do dia do uso do aparelho de ar-condicionado na sala.

Figura 10 – Horários de utilização dos aparelhos de ar condicionado da sala



Fonte: Dos autores.

A Tabela 5 traz listagem dos equipamentos elétricos utilizados na simulação, com o percentual de posse obtido na pesquisa, tempo de uso do equipamento e potência em *watts* obtidos na tabela do Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL, 2015).

Tabela 5 - Tabela de equipamentos elétricos básicos.

TABELA DE EQUIPAMENTOS ELÉTRICOS				
AMBIENTE	EQUIPAMENTOS	PORCENTAGEM DE POSSE	TEMPO DE USO POR DIA	POTÊNCIA (W)
SALA DE ESTAR	TV	95%	4 horas	160
SALA DE ESTAR	NOTEBOOK	66.70%	4 horas	90
DORMITÓRIOS	CELULAR	73.30%	1 hora	90
DORMITÓRIOS	VENTILADOR	80%	4 horas	80
BANHEIRO	SECADOR DE CABELO	64.40%	1 hora	1600
BANHEIRO	CHAPINHA	51.10%	30 min	62
BANHEIRO	CHUVEIRO ELÉTRICO	2.20%	1 hora	2500
COZINHA/AREA DE SERVIÇO	GELADEIRA	100%	24 horas	690
COZINHA/AREA DE SERVIÇO	LIQUIDIFICADOR	68.89%	15 min	213
COZINHA/AREA DE SERVIÇO	BATEDEIRA	51.11%	20 min	150
COZINHA/AREA DE SERVIÇO	TORRADEIRA	51.11%	10 min	1310
COZINHA/AREA DE SERVIÇO	MICROONDAS	82.20%	20 min	1400
COZINHA/AREA DE SERVIÇO	MÁQUINA DE LAVAR ROUPA	68.90%	1 hora	880
COZINHA/AREA DE SERVIÇO	JARRA ELÉTRICA	37.80%	1 hora	2000
COZINHA/AREA DE SERVIÇO	FERRO ELÉTRICO	53.30%	1 hora	1000
COZINHA/AREA DE SERVIÇO	MÁQUINA DE LAVAR LOUÇA	17.80%	40 min	1543
COZINHA/AREA DE SERVIÇO	MÁQUINA DE SECAR ROUPA	22.20%	1 hora	1865
SALA DE ESTAR	COMPUTADOR	66.70%	8 horas	63
SALA DE ESTAR	IMPRESSORA	26.70%	1 hora	15
SALA DE ESTAR	VIDEO GAME	20%	4 horas	24
SALA DE ESTAR	DVD	42.20%	4 horas	15
SALA DE ESTAR	BLUE RAY	13.30%	2 horas	12
SALA DE ESTAR	HOME THEATER	11.10%	2 horas	35
SALA DE ESTAR	AQUECEDOR	26.70%	8 horas	1612
COZINHA/AREA DE SERVIÇO	COOK TOP	17.80%	1 hora	2285

Fonte: Procel (2015).

4.2 Resultados obtidos com a simulação computacional por meio do *software Energy Plus*

4.2.1 Modelo calibrado com os parâmetros do RTQ-R (2012)

Os dados de saída da simulação feita por meio do *software Energy Plus* mostraram que, para o modelo configurado com os parâmetros do RTQ-R, o consumo total anual do edifício foi de 74.159,76 kWh. Como se tratam de 20 apartamentos, o consumo médio mensal de cada apartamento foi de 309 kWh/mês.

O consumo anual total para aquecimento do edifício foi de 50.813,97 kWh. Por meio da Tabela 6, disponível no *site* do Procel (2015), foi possível determinar o equivalente numérico da envoltória para aquecimento. O consumo em kWh/m² de cada unidade habitacional foi de 10,95, atingindo o nível A.

Tabela 6 – Tabela para determinação do equivalente numérico da envoltória dos ambientes para resfriamento e aquecimento

Observação: As escalas foram desenvolvidas com o algoritmo de condução Conduction Transfer Function e o algoritmo de convecção TARP do Energy Plus										
Cidade:		Santa Maria - RS		ZB 2		Tipo do arquivo:		SWERA		
Eficiência	EqNum	GHR			C _R (kWh/m ² .ano)			C _A (kWh/m ² .ano)		
A	5		GHR ≤	2,310		C _R ≤	5.849		C _A ≤	15.591
B	4	2,310	< GHR ≤	4,396	5.849	< C _R ≤	11.288	15.591	< C _A ≤	31.182
C	3	4,396	< GHR ≤	6,481	11.288	< C _R ≤	16.727	31.182	< C _A ≤	46.772
D	2	6,481	< GHR ≤	8,567	16.727	< C _R ≤	22.166	46.772	< C _A ≤	62.363
E	1	8,567	< GHR		22.166	< C _R		62.363	< C _A	

Fonte: Procel (2015).

Já para resfriamento, o consumo anual total da edificação foi de 11.578,63 kWh, sendo o consumo em kWh/m² de cada unidade habitacional de 2,49, atingindo o nível A.

4.2.2 Modelo calibrado com os parâmetros da pesquisa

O modelo calibrado com os parâmetros da pesquisa apresentou como resultado da simulação o consumo anual total da edificação de 331.464,02 kWh. O consumo médio mensal de cada apartamento foi de 1.381,10 kWh/mês.

Referente ao consumo anual de aquecimento, foi obtido como resultado 33.503,21 kWh. Para obter o equivalente numérico utilizou-se o consumo de 7,21 kWh/m², atingindo o nível A, obtido por meio da Tabela 6.

O resultado para o consumo anual de resfriamento de toda a edificação foi de 33.927,01 kWh, e o resultado em kWh/m² foi de 7,31, obtendo o equivalente numérico B. Na Tabela 7 há comparação entre os equivalentes numéricos obtidos para os modelos simulados com os parâmetros do RTQ-R (2012) e os modelos simulados com os parâmetros da pesquisa.

Tabela 7 – Comparação dos equivalentes numéricos da envoltória dos modelos simulados com os parâmetros do RTQ-R (2012) e os modelos simulados com os parâmetros da pesquisa

EQUIVALENTES NUMÉRICOS DA ENVOLTÓRIA PARA AQUECIMENTO E RESFRIAMENTO		
	MODELO COM PARÂMETROS DO RTQ-R	MODELO COM PARÂMETROS DA PESQUISA
AQUECIMENTO	A	A
RESFRIAMENTO	A	B

Fonte: Dos autores.

5 CONCLUSÕES

Com base nos resultados encontrados, por meio dos questionários aplicados no Residencial Luna, pode-se concluir que os parâmetros de simulação computacional preconizados no RTQ-R (2012) apresentaram divergências com a realidade e a rotina dos moradores do local analisado.

Referente aos horários de ocupação da sala, o Regulamento não considera ocupação na sala pela manhã nos dias de semana, no entanto, algumas pessoas trabalham apenas um turno ou não trabalham, fazendo com que haja ocupação da sala o dia todo.

Sobre a ocupação dos dormitórios, o RTQ-R (2012) considera que as pessoas começam a ocupar o ambiente a partir das 22h, porém, as pessoas costumam dormir mais tarde, a partir da meia-noite.

Em relação à iluminação da sala, alguns moradores utilizam a iluminação durante o dia, pois não consideram suficiente a iluminação natural. Já nos dormitórios, as pessoas, assim que chegam do trabalho às 18h, já começam a utilizar a iluminação. Em todos os ambientes, a iluminação artificial está diretamente ligada à iluminação natural, logo, a sazonalidade e a localização da habitação influenciam diretamente nos horários de acionamento.

A maioria dos moradores disse utilizar a iluminação a partir 20h, provavelmente porque as entrevistas deste estudo foram feitas no verão (dezembro de 2014), época em que o sol se põe mais tarde. Com base nessas respostas, o ideal seria uma schedule de iluminação para o verão e outra para o inverno.

A potência instalada de iluminação deveria considerar a potência das lâmpadas do tipo fluorescente compactas, visto que são as lâmpadas mais utilizadas pelos moradores atualmente. Poderia se utilizar lâmpadas de 15 W para dormitórios e de 25 W para a sala.

Os horários de ventilação natural e de condicionamento artificial obtidos nos questionários estão coincidindo, no entanto, ambas as estratégias são utilizadas mais à noite. Isso ocorre pois é o horário em que a maioria dos usuários está em casa.

A presença da cortina é um fator importante na diminuição da radiação solar. Tendo em vista que a maioria das pessoas possui cortinas, devem ser consideradas nas aberturas.

Referente à quantidade de equipamentos de ar-condicionado, a configuração para todos os ambientes de permanência prolongada não corresponde à realidade dos moradores de habitação de interesse social, visto que a sala é o único ambiente condicionado para a grande maioria. No entanto, todos os ambientes foram modelados com condicionamento artificial nas simulações.

O parâmetro mais divergente é a potência instalada de equipamentos de 1,5 W/m² proposto pelo RTQ-R (2012). Com base nos questionários, deveriam ser considerados os diversos equipamentos elétricos de uma residência, em todos os seus cômodos.

Não são considerado no Regulamento os parâmetros de vapor de cocção de alimentos e vapor de banho, no entanto, segundo Machado (2012), esses são fatores muito interessantes a serem analisado, pois influem na temperatura dos ambientes. Essa questão foi considerada nas simulações do modelo com os parâmetros da pesquisa.

Além disso, é possível perceber que muitos moradores almoçam em casa. Isso se deve ao fato de que o estudo foi realizado em uma cidade de porte médio, onde ainda é possível se locomover do trabalho até a casa em curto espaço de tempo.

Sobre os equivalentes numéricos da envoltória para aquecimento e resfriamento, os ambientes simulados com os parâmetros do RTQ-R obtiveram resultados melhores do que o modelo calibrado com os parâmetros da pesquisa. O modelo calibrado pelo RTQ-R (2012) apresenta nível A para aquecimento e para resfriamento. Já o da pesquisa apresenta A para aquecimento e B para

resfriamento. Esse resultado inferior no modelo da pesquisa acontece devido ao aumento da carga interna e pelo aumento da temperatura com a cocção de alimentos e o vapor de banho.

REFERÊNCIAS

BALANÇO ENERGÉTICO NACIONAL - BEN. Disponível em: <https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio_Final_BEN_2015.pdf>. Acesso em: 18 nov. 2015.

CERÂMICA PAULUZZI. Disponível em: <www.michelonarquitectura.com>. Acesso em: 15 nov. 2015.

MACHADO.M.N.Q.B.R. **Influência de regimes variáveis de ventilação e aquecimento no comportamento higratérmico de edifícios de habitação social**. Dissertação apresentada no mestrado em engenharia civil na Faculdade de Engenharia na Universidade do Porto. Porto. Portugal. Junho de 2012.

MICHELON ARQUITETURA. Disponível em: <www.michelonarquitectura.com>. Acesso em: 15 nov. 2015.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL - INMETRO. **Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais, RTQ-R**. Eletrobrás, 2012.

PROGRAMA NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA - PROCEL INFO. Disponível em: <www.procelinfo.com.br/etiquetagem_edificios>. Acesso em: 15 nov. 2015.

PROGRAMA NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA - PROCEL INFO. Disponível em: <<http://www.procelinfo.com.br/main.asp?View={E6BC2A5F-E787-48AF-B485-439862B17000}>>. Acesso em: 15 nov. 2015.

SILVA, A. S, GHISI, E. LUIZ, F. **Rotinas de Ocupação, operação de aberturas e uso de equipamentos em habitações de interesse social da grande Florianópolis**. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, 2014.