

ANÁLISE DAS CONDIÇÕES DE USO E OCUPAÇÃO DE HIS, LOCALIZADAS NA CIDADE DE PELOTAS - ZB2, PRECONIZADAS NO RTQ-R NO MÉTODO DE SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL

ANALYSIS OF THE CONDITIONS OF USE AND OCCUPATION OF HIS, LOCATED IN THE CITY OF PELOTAS - ZB2, RECOMMENDED IN RTQ-R IN THE COMPUTER SIMULATION METHOD

ANÁLISIS DE LAS CONDICIONES DE USO Y OCUPACIÓN DE HIS, UBICADAS EN LA CIUDAD DE PELOTAS - ZB2, DEFENDIDA EN RTQ-R EN LO MÉTODO DE SIMULACIÓN COMPUTACIONAL

1º AUTOR

MOTA, Raquel Ramos Silveira, Arquiteta, Mestre em Arquitetura e Urbanismo; Universidade Federal de Pelotas; Pelotas; Brasil, arq.raquelmota@gmail.com

2º AUTOR

CUNHA, Eduardo Grala, Arquiteto, Doutor em Arquitetura e Urbanismo; Universidade Federal de Pelotas; Pelotas; Brasil; eduardogralacunha@yahoo.com.br

RESUMO

O Regulamento Técnico Da Qualidade Para o Nível de Eficiência Energética em Edificações Residenciais - RTQ-R - utiliza a simulação computacional como método de avaliação, abordando em seu conteúdo parâmetros de uso e ocupação. No entanto, alguns aspectos não possuem uma abordagem específica para cada zona ou região. Essa generalização leva ao questionamento, se de fato os parâmetros utilizados nas simulações de desempenho termoenergético das habitações de interesse social estão de acordo com a realidade dos usuários. O objetivo principal desta pesquisa é analisar a influência do uso e da ocupação dos usuários no desempenho termoenergético das habitações de interesse social na Zona Bioclimática 2 - ZB 2 -, na cidade de Pelotas. A metodologia do trabalho consta de um levantamento de dados em campo, que foi realizado através da aplicação de questionários estruturados, que buscam obter parâmetros para serem inseridos nos modelos computacionais desenvolvidos para a simulação termoenergética. Foram selecionados quatro conjuntos habitacionais de Pelotas na faixa salarial III do programa Minha Casa Minha Vida - MCMV - como objeto de estudo. As edificações estudadas foram simuladas através do *software Energy Plus*. Os resultados encontrados mostram que os dados obtidos divergem do regulamento em alguns aspectos. A Etiqueta Nacional de Conservação de Energia - ENCE - da envoltória dos modelos não variou mesmo quando as agendas da pesquisa foram consideradas. Os resultados obtidos mostraram que os aspectos construtivos prevalecem em relação aos parâmetros de uso e ocupação.

Palavras-chave: RTQ-R; simulação computacional; parâmetros de uso e ocupação;

ABSTRACT

The RTQ-R uses computer simulation as an evaluation method, analyzing in its content parameters of use and occupation. However, some aspects do not have a specific approach for each area or region. This generalization leads to the question, if indeed the parameters used in thermoenergetic performance simulations of social housing are in line with the reality of users. The main objective of this research is to analyze the influence of the use and occupation of the users in thermoenergetic performance of social housing in ZB 2. The methodology of work consists of a data field survey, which was conducted through structured questionnaires, seeking to obtain parameters to be entered in the computer

models developed for thermoenergetic simulation. We selected four housing projects in Pelotas within the salary range III of the MCMV program as an object of study. The studied buildings were simulated through the software Energy Plus. The results show that the data differ from regulation in some aspects. The ENCE of the envelopment of the models did not change even when the research schedules have been considered. The results showed that the constructive aspects prevail in relation to the use and occupation parameters.

Keyword: RTQ-R; computer simulation; parameters of use and occupation

RESUMEN

El “Reglamento Técnico Da Qualidade Para o Nível de Eficiência Energética em Edificações Residenciais” - RTQ-R - utiliza la simulación por ordenador como un método de evaluación que incorpora parámetros de contenido de uso y ocupación en el proceso de análisis. Sin embargo, algunos aspectos no tienen un enfoque específico para cada área o región. Esta generalización conduce a cuestionar si, en efecto, los parámetros utilizados en las simulaciones de rendimiento termoenergético de viviendas sociales están de acuerdo con la realidad de los usuarios. El objetivo principal de esta investigación es analizar la influencia del uso y ocupación de los usuarios en el rendimiento termoenergético de viviendas sociales en ZB 2, teniendo como punto de atención la ciudad de Pelotas. La metodología de trabajo consiste en un estudio de datos, obtenidos in situ, que se llevó a cabo mediante cuestionarios estructurados, tratando de obtener los parámetros que deben figurar en los modelos informáticos desarrollados para simulación termoenergética. Se seleccionaron cuatro viviendas de Pelotas en el rango de salario III del programa “Minha Casa Minha Vida” - MCMV - como objeto de estudio. Los edificios estudiados fueron simulados por el *software Energy Plus*. Los resultados muestran que los datos difieren de regulación en algunos aspectos. La “Etiqueta Nacional de Conservação de Energia” - ENCE - del envolvimiento de los modelos no cambia, incluso cuando se consideraron las agendas de la investigación. Los resultados mostraron que los aspectos constructivos prevalecen en relación a los parámetros de uso y ocupación.

Palabras clave: RTQ-R; simulación por ordenador; parámetros de uso y ocupación

ANÁLISE DAS CONDIÇÕES DE USO E OCUPAÇÃO DE HIS, LOCALIZADAS NA CIDADE DE PELOTAS - ZB2, PRECONIZADAS NO RTQ-R NO MÉTODO DE SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL

INTRODUÇÃO

A HIS - Habitação de Interesse Social - no Brasil está em forte expansão devido às políticas sociais aplicadas no setor da habitação. A produção das unidades habitacionais é feita em larga escala. No entanto, a pouca importância dada à fase de projeto e à especificação dos materiais são fatores que levam a construções de baixa qualidade, desprovidas de boas soluções de conforto térmico e eficiência energética.

As normativas e os regulamentos atuais, como o Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais - RTQ-R - (INMETRO, 2012) e a NBR 15575 (ABNT, 2013) contribuem para a melhoria das soluções termo energéticas das habitações.

O RTQ-R (INMETRO, 2012) avalia o nível de eficiência energética das edificações residenciais, sendo o nível mais eficiente o A, e o E, o menos eficiente. A avaliação é realizada através de dois métodos, o prescritivo e a simulação computacional. O método prescritivo é feito através de equações que avaliam a envoltória, o aquecimento de água e eventuais bonificações. As áreas de uso comum também podem ser avaliadas, sendo elas de uso frequente ou de uso eventual, nesta avaliação também podem ser somadas bonificações.

A ENCE - Etiqueta Nacional de Conservação de Energia - é uma etiqueta concedida para edificações que foram avaliadas pelo PBE - Programa Brasileiro de Etiquetagem. No caso das edificações residenciais, três etiquetas podem ser emitidas, a ENCE das Uhs - Unidades Habitacionais Autônomas, Ence da edificação e ENCE das áreas de uso comum, sendo elas independentes entre si. A etiqueta de uma edificação não é definitiva, é possível aprimorar a eficiência energética da edificação, através da obtenção de sistemas mais eficientes e de hábitos mais conscientes dos usuários.

A ENCE da unidade habitacional autônoma contempla três sistemas individuais, o nível da envoltória para verão, o nível da envoltória para inverno e o nível do aquecimento de água. Além de apresentar o nível da envoltória quando for refrigerada artificialmente. Nesta ENCE, também consta o nível de eficiência do edifício e as bonificações obtidas.

Na ENCE da edificação multifamiliar está o nível da edificação e o número de UHs com cada nível de eficiência. Já na ENCE das áreas de uso comum consta o nível final destas áreas, as bonificações recebidas, o nível das áreas de uso frequente e uso eventual e os sistemas individuais como iluminação artificial, equipamentos elétricos, aquecimento de água e sauna.

O método de simulação computacional é elaborado através da modelagem da edificação e da calibração do modelo com diversos parâmetros. Os padrões de uso e ocupação interferem diretamente no consumo, tendo em vista que o usuário tem o poder de tomar decisões como ventilar ou não a casa, escolher os equipamentos elétricos de sua residência, os tipos de lâmpadas, entre outros fatores.

A proximidade da simulação com a realidade está diretamente ligada com a compreensão da realidade dos usuários da habitação. A generalização dos dados abordados pelas normas e regulamentos leva ao questionamento, se de fato os parâmetros utilizados nas simulações de desempenho termoenergético das habitações de interesse social estão de acordo com a realidade dos usuários.

O objetivo principal desta pesquisa é analisar a influência do uso e da ocupação dos usuários na faixa de renda III do programa Minha Casa Minha Vida no desempenho termoenergético das habitações de interesse social na zona bioclimática 2.

1. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A simulação computacional termoenergética é realizada através de softwares que permitem identificar de que maneira as variáveis arquitetônicas influenciam no consumo e no desempenho térmico.

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.

A simulação não fornece soluções ou respostas exatas e é muito difícil comprovar a qualidade dos resultados. Devemos buscar o entendimento, não as respostas (HENSEN; LAMBERTS, 2011).

A ferramenta de simulação computacional exige um conhecimento dos parâmetros que serão calibrados no modelo, como por exemplo, os equipamentos elétricos de uma residência, o tipo de iluminação e como é usada, os horários de ventilação natural, entre os outros fatores que estão diretamente ligados ao usuário. As rotinas de uso e ocupação são espontâneas e irregulares, no entanto, influem diretamente no consumo energético (SILVA; GHISI; LUIZ, 2014).

A ferramenta de simulação utilizada nesta pesquisa foi o programa Energy Plus, que foi elaborado pelo Departamento de Energia dos Estados Unidos (DOE). Inicialmente, eram utilizados os programas Building Loads Analysis and System (BLAST) e DOE-2, programas que foram elaborados no final dos anos 1970 e o no início dos anos 1980. O software Energy Plus é composto por um sistema modular e estruturado, baseado nos softwares BLAST e DOE-2. O funcionamento do software é baseado em dados de entrada e saída por arquivos de texto (OLIVEIRA, 2012). O Energy Plus é um programa de simulação de análise termoenergética baseada na descrição do edifício em seus aspectos físicos e sistemas mecânicos (DOE, 2014).

A desvantagem principal deste programa é sua interface gráfica, que dificulta a utilização de usuários iniciantes. Para modelagem é possível utilizar o plug-in do software Google

SketchUp chamando Legacy Open Studio. Neste trabalho foi utilizado o Energy Plus 8.1 com o Google SketchUp 8 e o plug in Legacy Open Studio 1.0.11.410.

No intuito de conhecer melhor as condições de uso e ocupação em HIS, alguns trabalhos importantes foram desenvolvidos. O trabalho desenvolvido por Silva, et al. (2013) identificou os usos finais de eletricidade e rotinas de uso por meio de uma auditoria residencial. Através da aplicação de questionários estruturados e medições do consumo de energia em 60 unidades de HIS na cidade de Florianópolis.

As medições foram feitas em um período de aproximadamente duas semanas. A análise dos dados foi feita em intervalos de confiança, através de métodos estatísticos paramétricos e não paramétricos. Os questionários foram aplicados no verão e no inverno. Havia três tipos de questionários: (1) socioeconômico, (2) usos finais e (3) rotinas de uso e ocupação.

As principais conclusões deste artigo são que os maiores usos de energia das residências são através do chuveiro elétrico, tanto no verão como no inverno. Após os chuveiros elétricos os grandes consumidores de energia são os refrigeradores, a televisão e a iluminação.

Silva, Ghisi e Luiz (2014) desenvolveram um trabalho com o intuito de aprofundar os estudos sobre os parâmetros de uso e ocupação. Esse estudo foi baseado numa pesquisa estruturada em 16 habitações de interesse social na Grande Florianópolis, utilizando o levantamento de dados para identificar as rotinas de ocupação, operação de aberturas e uso de equipamentos. A pesquisa iniciou-se com a aplicação de questionários, no entanto, para obter dados mais precisos foi necessário monitorar as habitações.

Como principais resultados foram obtidos seis rotinas de ocupação, seis rotinas de operação de portas, seis rotinas de operação de janelas, três rotinas de uso da iluminação e três rotinas equipamentos elétricos, totalizando 576 análises estatísticas.

Silva, Ghisi e Luiz (2014) estabeleceram rotinas apenas para o período quente do ano. Os autores pretendem ampliar os estudos para os períodos frios, além de considerar outras variáveis que podem vir a influenciar no uso e na ocupação como, por exemplo, a renda

per capita, a idade dos moradores e o perfil da família estudada. Além disso, pretendem comprovar os resultados utilizando a simulação computacional como parte da metodologia.

2. METODOLOGIA

O método utilizado para o desenvolvimento do trabalho constitui-se de nove etapas, descritas abaixo.

2.1. ETAPA 1: ESCOLHA DOS EMPREENDIMENTOS E CÁLCULO DE AMOSTRA

Pelotas possui 51 conjuntos habitacionais concluídos, totalizando 9.251 unidades habitacionais (NAURB, 2014).

A faixa III do programa habitacional MCMV foi escolhida para proporcionar a interface dos programas habitacionais com as residências da iniciativa privada em termos de padrão construtivo e de poder de consumo dos usuários, tendo em vista que RTQ-R (INMETRO, 2012) abrange todos os tipos de residência.

Selecionou-se os quatro condomínios faixa III concluídos em Pelotas, segundo os dados obtidos no NAURB (2014), sendo um deles com habitações multifamiliares e os outros três com habitações unifamiliares. Foram escolhidos quatro condomínios para que se atingisse uma amostra com 90% de confiabilidade perante o número total de habitações em Pelotas

O cálculo de amostra foi feito através do site Open Epi para um nível de confiança de 95%, com um acréscimo de 10 % para perdas e recusas. O cálculo foi feito para cada condomínio. O total de unidades das amostras foi de 296.

2.2. ETAPA 2: DEFINIÇÃO DAS VARIÁVEIS A SEREM OBTIDAS E DAS TÉCNICAS PARA OBTÊ-LAS

Para que se compreendam as rotinas de uso e ocupação e que se possa aplicá-las estas 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; padrão de uso do ar condicionado.

As técnicas de pesquisa adotadas foram: aplicação de questionários estruturados com os usuários das UH; utilização da tabela do PROCEL (2016); obtenção de materiais através da prefeitura e das construtoras.

2.3. ETAPA 3: DESCRIÇÃO DOS CONJUNTOS HABITACIONAIS ESTUDADOS E CÁLCULO DE TRANSMITÂNCIAS E CAPACIDADES TÉRMICAS

Nesta etapa foram realizados os cálculos de transmitância e de capacidade térmica de acordo com a norma NBR 15220 (ABNT,2005 b).

Segundo a NBR 15.220 (ABNT,2005 b), transmitância térmica é o inverso da resistência térmica que é o somatório do conjunto de resistências térmicas correspondentes às camadas de um elemento ou componente, incluindo as resistências superficiais internas e externas. A unidade utilizada é $W/(m^2.K)$. Capacidade térmica é o quociente da capacidade térmica de um componente pela sua área. A unidade utilizada é $KJ/ m^2. K$

O condomínio Terra Nova Pelotas I (2008) possui 438 unidades habitacionais, foi construído pela Rodobens Incorporadora Imobiliária e possui 25.334,02 m^2 de área total construída. (NAURB,2014). Na tabela 1 abaixo estão relatados as características construtivas do condomínio Terra Novas Pelotas I, as composições dos elementos construtivos foram obtidas através dos memoriais descritivos obtidos com as construtoras e as transmitâncias e capacidades térmicas foram calculadas pela autora.

Tabela 1 - Características construtivas do condomínio Terra Nova Pelotas I

CARACTERÍSTICAS CONSTRUTIVAS DO TERRA NOVA PELOTAS I			
ELEMENTO CONSTRUTIVO	COMPOSIÇÃO	TRANSMITÂNCIA	CAPACIDADE TÉRMICA
Parede	Reboco de 1cm + parede de	4,08 $W/m^2. K$	280 $KJ/ m^2. K$

	concreto de 10 cm + Reboco de 1cm			
Cobertura	Forro de gesso acartonado 12,5 mm + camada de ar+ telha de cerâmica de 13 mm	INVERNO	VERÃO	32,03 KJ/ m ² . K
		2,28 W/m ² . K	1,96 W/m ² . K	

Tabela 1 - Características construtivas do Terra Nova Pelotas I. Fonte: AUTORA, 2016.

O residencial Caminho Das Charqueadas foi construído pela SPO projetos e soluções em 2009. Este residencial possui 18 unidades habitacionais e 1.099,48 m². Na tabela 2 estão descritas as características construtivas do condomínio Caminho das Charqueadas.

Tabela 2 - Características construtivas do Caminho das Charqueadas

CARACTERÍSTICAS CONSTRUTIVAS DO CAMINHO DAS CHARQUEADAS				
ELEMENTO CONSTRUTIVO	COMPOSIÇÃO	TRANSMITÂNCIA		CAPACIDADE TÉRMICA
Parede externa	Reboco de 1cm + parede de bloco cerâmico de 14,5 cm + Reboco de 1cm	1,96 W/m ² . K		137,17 KJ/ m ² . K
Parede interna	Reboco de 1cm + parede de bloco cerâmico de 11,5 cm + Reboco de 1cm	1,80 W/m ² . K		137,17 KJ/ m ² . K
Cobertura	Forro de PVC de 10 mm + camada de ar+ telha de cerâmica de 13 mm	INVERNO	VERÃO	34,01 KJ/ m ² . K
		2,21 W/m ² . K	1,91 W/m ² . K	

Tabela 2 - Características construtivas do Caminho das Charqueadas. Fonte: AUTORA, 2016.

O Residencial Luna possui 60 unidades habitacionais em três blocos de apartamentos. Foi construído pela MGM construtora LTDA em 2011 e possui 3.419,28 m² (NAURB,2014). Este residencial foi utilizado como estudo-piloto dessa pesquisa. Na tabela 3 estão descritas as características construtivas do condomínio Residencial Luna.

Tabela 3 - Características construtivas do Residencial Luna

CARACTERÍSTICAS CONSTRUTIVAS DO RESIDENCIAL LUNA				
ELEMENTO CONSTRUTIVO	COMPOSIÇÃO	TRANSMITÂNCIA		CAPACIDADE TÉRMICA
Parede	Reboco + Bloco estrutural cerâmico de 14 x 19 x 29 cm + Reboco	2,08 W/m ² . K		185,5 KJ/ m ² . K
Cobertura	Laje de 8 cm + camada de ar+ telha de fibrocimento de 6 mm	INVERNO	VERÃO	200,57 KJ/ m ² . K
		2,24 W/m ² . K	1,94 W/m ² . K	

Tabela 3 - Características construtivas do Residencial Luna. Fonte: AUTORA, 2016.

O Condomínio das Pedras - Módulo III - Ametista, possui 21 unidades habitacionais térreas. Foi construído pela Solum Construtora e Incorporadora LTDA em 2013 e possui área total de 1.642,48 m² (NAURB, 2014). Na tabela 4 estão relatadas as características construtivas do Condomínio das Pedras.

Tabela 4 - Características construtivas do Condomínio das Pedras

CARACTERÍSTICAS CONSTRUTIVAS DO CONDOMÍNIO DAS PEDRAS				
ELEMENTO CONSTRUTIVO	COMPOSIÇÃO	TRANSMITÂNCIA		CAPACIDADE TÉRMICA
Parede	Reboco + parede concreto de 10 cm + Reboco	4,08 W/m ² . K		280 KJ/ m ² . K
Cobertura	Pré-laje de 12 cm + camada de ar+ telha de cerâmica de 13 mm	INVERNO	VERÃO	309,53 KJ/ m ² . K
		0,56 W/m ² . K	0,54 W/m ² . K	

Tabela 4 - Características construtivas do Condomínio das Pedras. Fonte: AUTORA, 2016.

2.4. ETAPA 4: LEVANTAMENTO DE DADOS EM CAMPO, APLICAÇÃO E ELABORAÇÃO DOS QUESTIONÁRIOS

O questionário aplicado nesta pesquisa foi baseado nos questionários de Silva, Ghisi e Luiz (2014), Silva et al. (2013) e Reale et al. (2014), trabalhos nos quais foram aplicados questionários em HIS com o intuito de identificar as rotinas de uso e ocupação dos usuários.

Nos primeiros questionários não havia diferenciação entre o inverno e verão, visto que, a intenção era aplicar duas vezes o questionário, uma em cada estação. Todavia, por questões de cronograma e da disponibilidade dos usuários, optou-se por uma única aplicação e pela diferenciação dos hábitos sazonais (inverno e verão).

Em relação às questões que envolvem o período do dia em que o usuário realiza determinada atividade, inicialmente era perguntado o turno (manhã, tarde e noite) ou um intervalo de horas por dia. No entanto para que fossem obtidos dados mais precisos para a simulação, foram colocadas nas questões 24 variáveis, correspondendo às horas do dia.

Outra modificação importante foi a questão dos equipamentos elétricos, no princípio perguntava-se aos moradores quais equipamentos elétricos possuíam em casa, mas por ser um número muito grande de aparelhos, não relutavam todos. Para deixar esses dados mais precisos e facilitar a resposta dos usuários, foi necessário montar uma lista dos equipamentos elétricos mais comuns nas residências, deixando um espaço para outros equipamentos que não foram listados.

Foi considerado importante perguntar o tempo de uso dos equipamentos elétricos de maior potência ao invés de utilizar os dados do PROCEL (2016). Esta decisão foi tomada com o intuito de obter dados mais precisos na simulação.

2.5. ETAPA 5: ELABORAÇÃO DOS BANCOS DE DADOS NO SOFTWARE EPIDATA, CODIFICAÇÃO DOS DADOS, DIGITAÇÕES DOS RESULTADOS, COMPARAÇÃO DAS DIGITAÇÕES, TRANSFERÊNCIA PARA O SPSS 21.0 E ANÁLISE ESTATÍSTICA ATRAVÉS DE FREQUÊNCIA SIMPLES

Devido à grande quantidade de variáveis do questionário elaborado e a necessidade de se obter a prevalência das respostas, foram criados bancos de dados no software estatístico Epidata. O banco de dados final possui 2.087 variáveis.

Inicialmente foi montado um banco de dados para o estudo-piloto, com o intuito de utilizá-lo posteriormente para outros condomínios, no entanto, como houve diversas modificações nos questionários, foi necessário criar outro banco maior.

Após os dados serem codificados, eles foram digitados duplamente no banco de dados. Estas digitações foram comparadas com o intuito de aumentar a consistência dos dados e consequentemente, a credibilidade dos mesmos.

Após a comparação das digitações, os dados foram transferidos para o programa SPSS 21.0 com o intuito de realizar as análises estatísticas necessárias. A análise estatística realizada foi a frequência simples, que é a obtenção da prevalência de cada variável.

Após isso foram feitas comparações das prevalências entre os condomínios e comparações dos parâmetros obtidos através da pesquisa com os parâmetros do RTQ-R (INMETRO,2012), através da observação em tabelas.

2.6. ETAPA 6: MODELAGEM DAS HIS NO SOFTWARE OPEN STUDIO

As modelagens das HIS foram feitas no software Google SketchUp com o plug-in Open Studio. Cada ambiente foi modelado como uma zona térmica, incluído o ático do telhado quando existente.

2.7. ETAPA 7: INSERÇÃO DE PARÂMETROS E SIMULAÇÃO DOS MODELOS DEFINIDOS

Foram desenvolvidos cinco modelos para cada condomínio estudado, sendo eles: (1) modelo com os parâmetros do RTQ-R (INMETRO,2012) ventilado naturalmente; (2) modelo com os parâmetros do RTQ-R condicionado artificialmente; (3) modelo com os parâmetros do RTQ-R (INMETRO,2012) ventilado naturalmente, trocando as schedules de ocupação, iluminação e equipamentos elétricos; (4) modelo com os parâmetros do RTQ-R (INMETRO,2012) condicionado artificialmente, trocando as schedules de ocupação, iluminação e equipamentos elétricos; (5) modelo com os parâmetros da pesquisa.

Os modelos 1 e 2 foram elaborados pois o regulamento define que devem ser feitos dois modelos para avaliação, um com condicionamento artificial a noite e ventilação natural de dia e outro com apenas ventilação natural durante todo o dia. O modelo 1 é avaliado pelo método dos graus-hora e o modelo 2 pelo consumo de aquecimento. O consumo de refrigeração é apenas informativo. Os modelos 3 e 4 foram elaborados para testar os parâmetros obtidos em campo. Foram trocadas apenas as schedules para que não houvesse alterações na maneira que o regulamento avalia a edificação. O modelo 5 foi desenvolvido para que se use todas as schedules compiladas a partir dos dados obtidos através dos questionários aplicados com os moradores, com o intuito de comparar com as contas de energia elétrica.

2.8. ETAPA 8: OBTENÇÃO DOS NÍVEIS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA, TRATAMENTO, ANÁLISE E COMPARAÇÃO DOS DADOS ENCONTRADOS

A etapa 8 corresponde a obtenção dos níveis de eficiência da envoltória dos modelos tipos 1 a 4 e da comparação desses resultados entre si.

Para obter a ENCE da envoltória UH na zona bioclimática 2 é necessário utilizar a equação 1 a seguir. (Equação 1): $EqNumEnv = 0,44 \times EqNumEnv Resfr + 0,56 \times EqNumEnv A$

Posteriormente foram feitas comparações entre os resultados para consumo das simulações, nos meses de janeiro e agosto dos modelos tipo 5, com as contas de energia

obtidas com os usuários nestes mesmos meses. Estes meses foram escolhidos por serem meses de temperatura extremas, onde o consumo de energia é maior.

2.9. ETAPA 9: ANÁLISE DAS CONTRIBUIÇÕES PARA O RTQ-R E REDAÇÃO DAS CONCLUSÕES

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

3. ANÁLISE DOS RESULTADOS

3.1. USO E OCUPAÇÃO

Foi utilizado nas simulações com os parâmetros da pesquisa 3 pessoas ocupando os ambientes, ao invés de 4, como o RTQ-R (INMETRO, 2012) sugere. Em relação às refeições, tanto no Residencial Luna como nos demais a maioria respondeu que só fazem o café da manhã e o jantar em casa. Nas figuras 1 e 2 abaixo estão representadas as quantidades dos moradores do Residencial Luna e dos parâmetros gerais.

QUANTAS PESSOAS MORAM NA HABITAÇÃO?

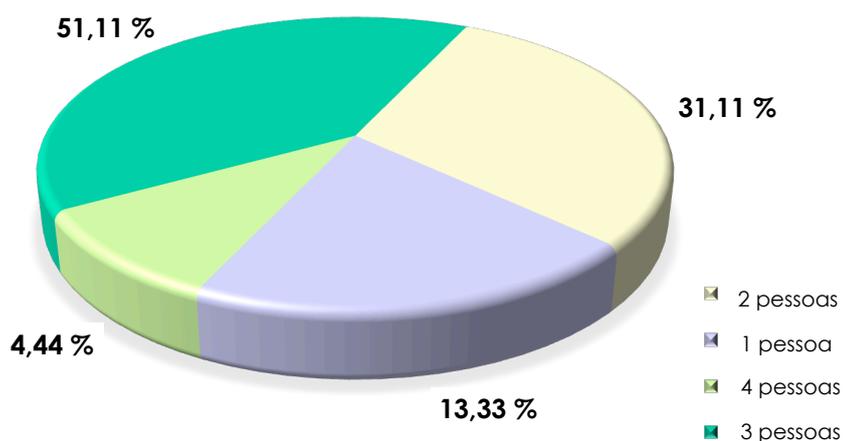


Gráfico 1: Gráfico representativo do número de pessoas que moram nas unidades habitacionais do Residencial Luna. Fonte: AUTORA, 2016.



Gráfico 2: Gráfico representativo do número de pessoas que moram nas unidades habitacionais nos parâmetros gerais. Fonte: AUTORA, 2016.

No Residencial Luna as questões sobre os horários de ocupação dos ambientes não eram divididas em finais de semana e dias de semana. Nesse condomínio a maioria ocupa a sala apenas a noite, ao contrário do regulamento que começa a ocupação nesse ambiente a partir das 16 horas. A ocupação dos dormitórios pelo regulamento começa a partir das 21h, no Residencial Luna começa a partir da 1h.

Nos parâmetros gerais o RTQ-R preconiza que só há ocupação na sala nos dias de semana das 14h às 21hs, no entanto, a maioria disse que também ficam em casa na parte da manhã. O regulamento coloca a ocupação da sala até às 21hs, já pela pesquisa, a ocupação é até às 23hs dia de semana e até às 24hs nos finais de semana. No inverno as pessoas ocupam os dormitórios e a sala uma hora mais cedo nos dias de semana.

No Residencial Luna 88,88% das pessoas responderam ter cortinas em todos ambientes da casa. A edificação não possui venezianas nas janelas. Não estavam sendo consideradas as divisões dos dias de semana, finais de semana, verão e inverno. As portas e janelas não

estavam separadas. A ventilação natural é utilizada apenas de manhã e no final da tarde nos dormitórios, cozinha e banheiros. Na sala é utilizada apenas a tarde.

3.2. OPERAÇÃO DE CORTINAS E ABERTURAS

No Residencial Luna 88,88% das pessoas responderam ter cortinas em todos ambientes da casa. A edificação não possui venezianas nas janelas. Não estavam sendo consideradas as divisões dos dias de semana, finais de semana, verão e inverno. As portas e janelas não estavam separadas. A ventilação natural é utilizada apenas de manhã e no final da tarde nos dormitórios, cozinha e banheiros. Na sala é utilizada apenas a tarde.

Referente aos parâmetros gerais 83,1 % das UHs possuem cortinas e 97,9% possuem venezianas. O regulamento define que para todos os ambientes deve ser considerado o horário de ventilação das 9 hrs às 20 hrs. Nos parâmetros gerais percebe-se que os moradores começam a ventilar a residência logo que acordam, a partir das 8hrs. No verão os moradores ventilam até mais tarde os cômodos, principalmente na sala.

3.3. OPERAÇÃO E USO DE EQUIPAMENTOS ELÉTRICOS

O regulamento considera 1,5 W/m² de densidade de potência elétrica apenas para a sala. No modelo com as configurações da pesquisa, no Residencial Luna, todos os equipamentos elétricos citados pelos moradores foram considerados.

No modelo com os parâmetros gerais, simulado com todos dados da pesquisa, foi feito uma média do número de equipamentos elétricos em cada UH. O resultado da média foram 17 equipamentos. Na tabela 5 estão representadas as densidades de potência dos equipamentos elétricos em cada ambiente, de acordo com os parâmetros gerais da pesquisa.

Tabela 5 - Densidade de potência dos equipamentos elétricos em W/m²

DENSIDADE DE POTÊNCIA DOS EQUIPAMENTOS ELÉTRICOS (W/m ²)		
AMBIENTES	RTQ-R	DADOS OBTIDOS EM CAMPO
SALA	1,5	14,05
DORMITÓRIOS	-----	8,97
BANHEIRO	-----	2.026,97
COZINHA	-----	4.262,6

Tabela 5 - Densidade de potência dos equipamentos elétricos em W/m². Fonte: AUTORA, 2016.

3.4. OPERAÇÃO DO SISTEMA DE ILUMINAÇÃO

No condomínio Residencial Luna 80% das pessoas responderam ter lâmpadas fluorescentes compactas em todos os cômodos. A maioria respondeu acionar a iluminação das 19h até às 24hs. Não estava sendo considerado o inverno e o verão.

O RTQ-R preconiza que o usuário aciona o sistema de iluminação às 7hs nos dias de semana e às 9hs no final de semana. Pela pesquisa a utilização da iluminação no verão começa apenas às 20 horas e no inverno às 18 horas. Em ambas as situações termina às 24 hs.

3.5. OPERAÇÃO E USO DE APARELHOS DE AR CONDICIONADO

Em relação aos parâmetros gerais 89,9% dos respondentes possui aparelhos de ar condicionado em casa. Segundo Fedrigo, Ghisi e Lamberts (2009) apenas 2% das residências brasileiras possuíam aparelhos de ar condicionado, o que demonstra o aumento da posse de aparelhos de ar condicionado nos últimos anos. Sobre a quantidade de aparelhos de ar condicionado, 50,8% responderam ter apenas um aparelho, sendo que 100% são do tipo *Split*.

O regulamento define, para o modelo condicionado artificialmente, um padrão horário para todos ambientes, durante todo ano, das 21hrs às 8hrs. Já, nos parâmetros gerais a maioria dos usuários não utiliza o ar condicionado no inverno, nem nos finais de semana, no verão, nos dormitórios, à noite.

A maioria dos usuários respondeu que não utilizam o ar condicionado a noite toda, o que também diverge do regulamento.

3.6. RESULTADO DAS SIMULAÇÕES E COMPARAÇÃO DAS ENCES

O primeiro condomínio avaliado foi o Residencial Luna, neste condomínio o questionário ainda era superficial, não contemplava todas as variáveis necessárias para a realização de uma simulação computacional precisa.

O consumo mensal aumentou quando foram alteradas as schedules de ocupação, iluminação e equipamentos elétricos. A ENCE da envoltória permaneceu a mesma, mantendo o nível C em ambos os casos. No entanto a refrigeração piorou, passando de A para B.

Nos outros três condomínios foram utilizados o questionário final, com mais variáveis, permitindo resultados mais precisos e próximos da realidade.

O consumo mensal do Residencial Caminho das Charqueadas diminuiu no modelo com a troca de schedules, mas não isto não influenciou nos níveis, que permaneceram E para UHS condicionadas artificialmente e D para ENCE da envoltória.

No Condomínio das Pedras o consumo aumentou com os dados da pesquisa. A ENCE de refrigeração passou de D para C e a ENCE da envoltória permaneceu C.

O consumo do condomínio Terra Nova Pelotas I aumentou com as schedules obtidas com os questionários. O nível para refrigeração piorou, passando de D para E, e a ENCE da envoltória permaneceu D.

Através dos resultados encontrados foi possível perceber que a alteração das schedules não afetou nenhuma ENCE da envoltória, em todos os condomínios esses níveis permaneceram os mesmos.

No entanto, as ENCES para refrigeração variaram, tanto no Residencial Luna como no condomínio Terra Nova, as ENCES diminuíram de nível. No Caminho da Charqueadas o nível

de refrigeração permaneceu o mesmo e no Condomínio das Pedras aumentou um nível. Estas alterações mostram que existem outros fatores, como os materiais e a geometria, que influenciam nas ENCES da envoltória da edificação.

Os resultados encontrados podem ser relacionados com a pesquisa de Silva e Ghisi (2014), que observou em seus estudos que as características construtivas prevaleciam sobre as características do comportamento do usuário.

3.7. COMPARAÇÃO DOS CONSUMOS DAS SIMULAÇÕES COM AS CONTAS DE ENERGIA

O modelo com os parâmetros da pesquisa gerou resultados de consumo maiores que as contas de energia, tanto para o verão quanto para o inverno. O consumo de verão da simulação está 11,65% maior que o consumo real, já o consumo de inverno está 36,3% maior. Os meses utilizados para a comparação de consumo foram janeiro e agosto.

O Residencial Luna foi o estudo piloto desta pesquisa, logo, os questionários ainda não estavam aperfeiçoados, o que levou aos resultados imprecisos da simulação. Na figura 3 estão representados os consumos mensais da simulação em comparação aos consumos das contas de energia, no verão e no inverno.

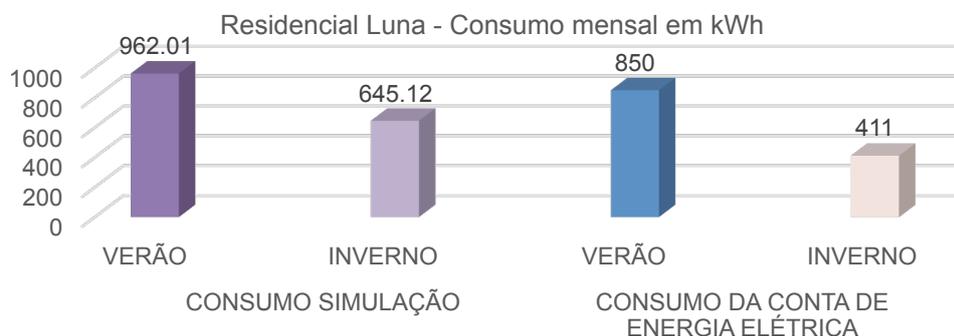


Gráfico 3: Gráfico comparativo do Residencial Luna, dos consumos mensais das simulações com as contas de energia, no verão e no inverno. Fonte: AUTORA, 2016.

No condomínio Terra Nova Pelotas I percebe-se que os consumos das simulações, tanto para verão como inverno, estão abaixo e próximos dos consumos mensais obtidos com a conta de energia para janeiro e agosto. Na figura 4 está representada uma comparação dos resultados dos consumos mensais das simulações do condomínio Terra Nova Pelotas I, tanto para verão como para o inverno.

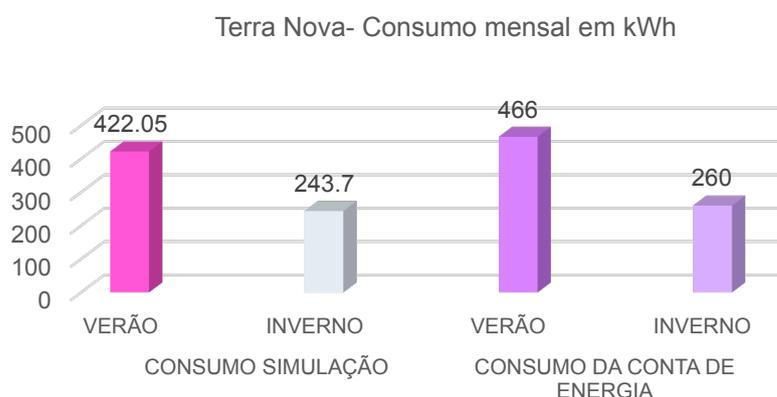


Gráfico 4: Gráfico comparativo do condomínio Terra Nova Pelotas I, dos consumos mensais das simulações com as contas de energia, no verão e no inverno. Fonte: AUTORA, 2016.

No condomínio Caminho das Charqueadas o consumo de verão da simulação é menor do que o consumo real das habitações para o mesmo mês (janeiro), no inverno o consumo da simulação ficou 10,5% maior que no inverno. Na figura 5 está ilustrada uma comparação dos resultados dos consumos mensais das simulações do condomínio Caminho das Charqueadas, tanto para verão como para o inverno.

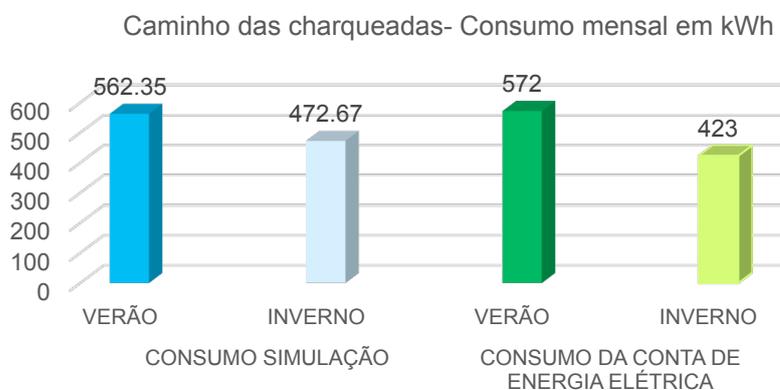


Gráfico 5: Gráfico comparativo do condomínio Caminho das Charqueadas, dos consumos mensais das simulações com as contas de energia, no verão e no inverno. Fonte: AUTORA, 2016.

A comparação entre os consumos, do Condomínio das Pedras, gerados pela simulação e os consumos da conta de energia elétrica permitiu identificarmos que a pesquisa proporcionou resultados próximos da realidade, já que tanto os consumos de verão como o de inverno estão abaixo e bastante próximos do consumo real. O consumo de verão da simulação está 6,97% abaixo do consumo real. A diferença no consumo de inverno é de 9,42%. . Na figura 6 está ilustrada uma comparação dos resultados dos consumos mensais das simulações do Condomínio das Pedras com as contas de energia obtidos nos levantamentos, tanto para verão como para o inverno.

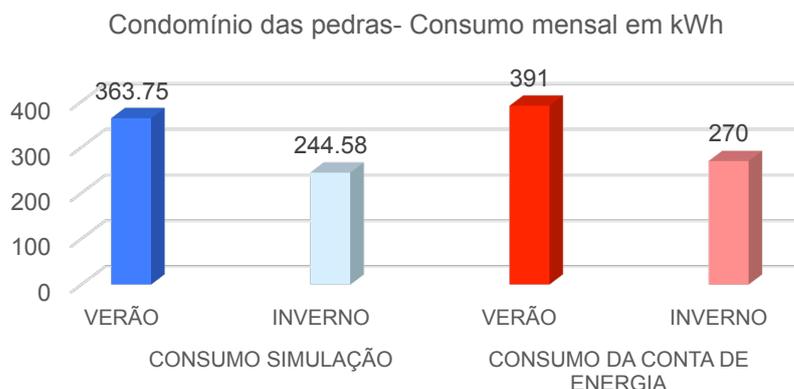


Gráfico 6: Gráfico comparativo do Condomínio das Pedras, dos consumos mensais das simulações com as contas de energia, no verão e no inverno. Fonte: AUTORA, 2016.

4. CONCLUSÕES

A partir da análise de dados dos condomínios estudados, foi possível perceber que os parâmetros de uso e ocupação reais não modificam as ENCES gerais das edificações naturalmente ventiladas, apenas quando forem condicionadas artificialmente. Além disso, percebe-se que quando são considerados todos os aspectos de uso e ocupação de uma edificação, chega-se a consumos mais próximos da realidade. Atingindo os objetivos desta pesquisa.

A contribuição para qualificação do regulamento foi atingida quando foram identificadas diferenças entre os parâmetros obtidos em campo e os parâmetros do RTQ-R (INMETRO,2012). Além disso, quando foram utilizados os parâmetros da pesquisa nos

modelos e foram comparados com as contas de luz, foram obtidos consumos próximos da realidade, logo, a veracidade destes parâmetros foi confirmada.

Em relação à ocupação, o regulamento deveria considerar que a sala está ocupada durante o dia e os dormitórios devem ser ocupados mais tarde, pós meia noite.

Referente à iluminação, deveria ser considerado uma rotina de verão e outra de inverno, tendo em vista que o acionamento da iluminação está diretamente relacionado com a presença ou não da luz do natural.

A presença da cortina é um fator importante na diminuição da radiação solar, a maioria das pessoas as possui, portanto deveriam ser consideradas nas aberturas.

Em relação à ventilação natural, o regulamento deveria separar as portas e janelas e considerar que a porta de entrada está sempre fechada, tendo em vista que ela não é utilizada para ventilar por motivos de segurança e privacidade.

Os equipamentos elétricos no regulamento são subdimensionados, tendo em vista a grande quantidade de equipamentos elétricos listados pelos moradores. Deveriam ser considerados os equipamentos básicos de uma residência, independentemente do ambiente.

Uma sugestão para o regulamento seria adequar as schedules de condicionamento artificial de acordo com a zona bioclimática.

Através das respostas dos moradores, foi verificada a necessidade de o regulamento considerar os aspectos de verão e inverno nos parâmetros de ocupação, iluminação e uso do ar condicionado, nos quais as diferenças nos horários foram mais expressivas.

Para a obtenção de resultados mais precisos, o monitoramento, principalmente no que diz respeito ao uso da iluminação e dos equipamentos elétricos, seria recomendável. Além disso, sugere-se aplicar a metodologia, nas questões que abordam a sazonalidade, na estação em questão.

Este estudo poderia ser aplicado em todas as zonas bioclimáticas do Brasil, com o intuito de obter parâmetros que relatem a realidade dos moradores em diversos climas.

REFERÊNCIAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220: Desempenho Térmico para Edificações de Interesse Social, Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social.** Rio de Janeiro: ABNT, 2005b.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575: Edificações habitacionais - Desempenho.** Rio de Janeiro; ABNT,2013.

DOE. Department of energy.US. Disponível em:

<<http://apps1.eere.energy.gov/buildings/energyplus/>> Acesso em: 15 de abril de 2014.

FEDRIGO, N.S., GHISI, E. E LAMBERTS, R. Usos finais de energia elétrica no setor residencial brasileiro. UFSC. LABEEE. **Anais do ENCAC/ELAC 2009.** p. 1076 -1085.

HENSEN, J.L E LAMBERTS, R. **Building Performance Simulation for Design and Operation.** 1ed. Spon Press..2011. 536p.

INMETRO - Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia. **Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais, RTQ-R.** Eletrobrás, 2012.

LABEEE. **Relatório técnico final de elaboração do texto do RTQ-R.** Relatório de pesquisa desenvolvido no LABEEE (Laboratório de Eficiência Energética em Edificações. UFSC. Florianópolis. SC. 2011.

NAURB - UFPEL - Núcleo de Pesquisa e Extensão em Arquitetura e Urbanismo da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo - **Acervo sobre habitação de interesse social.** Pelotas. RS. 2014.

OLIVEIRA. L.S. **Avaliação dos limites das propriedades térmicas dos fechamentos opacos da NBR 15220-3, para a habitação de interesse social, da zona bioclimática 2.** 2012.

171f. Dissertação apresentada na Universidade Federal de Pelotas. PROGRAU, Pelotas, RS.

PROCEL. Tabela de equipamentos elétricos residenciais. Disponível em:
<<http://www.procelinfo.com.br/main.asp?View={E6BC2A5F-E787-48AF-B485-439862B17000}>> Acesso em: 01 de março de 2016.

REALE et al. Caracterização do Perfil de Consumo Energético em HIS de Salvador, Bahia. In: 4º Workshop - Rede de Pesquisa - Uso racional de água e eficiência energética em habitações de interesse social. 2014. p. 15-34.

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. In: 4º Workshop - Rede de Pesquisa - Uso racional de água e eficiência energética em habitações de interesse social. 2014. p. 299-338.

SILVA, A. S. et al. Usos Finais de Eletricidade e Rotinas de Uso como Base para Estratégias de Eficiência Energética por Meio de Auditoria Residencial. Anais do ENCAC/ELAC 2013, Brasília. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, 2013. p. 85 -93.