

EFICIÊNCIA ENERGÉTICA SEGUNDO CRITÉRIOS DO RTQ-R: PROPOSIÇÃO DE ALTERAÇÕES EM UMA EDIFICAÇÃO RESIDENCIAL PARA ALCANCE DA MÁXIMA CLASSIFICAÇÃO

Matheus Franco Sausen

Bacharel em Engenharia Civil pela Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul – UNIJUÍ.
matheusfs@hotmail.com

Igor Norbert Soares

Mestre em Engenharia Civil e Ambiental pela Universidade de Passo Fundo - UPF. Bacharel em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade de Cruz Alta - UNICRUZ. Docente dos Cursos de Engenharia Civil e Arquitetura e Urbanismo da UNIJUÍ. Integrante do Grupo de Pesquisa Espaço Construído, Sustentabilidade e Tecnologias - GTEC (DCEENG/UNIJUI).
igor.soares@unijui.edu.br

Felipe Cavalheiro Zaluski

Mestrando em Desenvolvimento Regional pela Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul - UNIJUÍ. Graduado em Administração pela Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul - UNIJUÍ. Integrante do Grupo de Pesquisa Espaço Construído, Sustentabilidade e Tecnologias - GTEC (DCEENG/UNIJUI). Bolsista PROSUC/CAPES.
felipezaluski@hotmail.com

Tarcisio Dorn de Oliveira

Doutorando em Educação nas Ciências pela Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul - UNIJUÍ. Mestre em Patrimônio Cultural pela Universidade Federal de Santa Maria - UFSM. Bacharel em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade de Cruz Alta - UNICRUZ. Docente dos Cursos de Engenharia Civil e Arquitetura e Urbanismo da UNIJUÍ. Líder do Grupo de Pesquisa Espaço Construído, Sustentabilidade e Tecnologias - GTEC (DCEENG/UNIJUI).
tarcisio_dorn@hotmail.com

RESUMO

Este estudo objetivou-se analisar e propor possíveis alterações em uma residência unifamiliar localizada na Região Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul a fim de otimizar a utilização de recursos e melhorar sua eficiência, delimitando-se nos critérios do RTQ-R para classificação de edificações quanto a sua eficiência energética. A partir de uma abordagem qualitativa, descritiva as análises partiram de um estudo de caso com coleta de dados bibliográfica e documental. Os resultados obtidos por meio das análises do modelo adotado, bem como através dos cálculos realizados com base no método escolhido, permitiram analisar o nível de eficiência de uma residência existente e propor alterações a fim de atingir o nível máximo de eficiência energética, segundo critérios do RTQ-R. A habitação que foi estudada apresentou evolução do nível C para o A com as melhorias sugeridas.

Palavras-chave: Eficiência Energética. RTQ-R. Edificações. Desenvolvimento Sustentável.

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, cada vez mais as pessoas vêm conscientizando-se em relação ao desenvolvimento sustentável. Os meios de comunicação, as instituições de ensino, os profissionais das mais variadas áreas, entre outros, vêm aplicando conceitos e práticas que busquem integrar a economia, o meio ambiente, assim como a sociedade como um todo.

Nos últimos anos, como descrito por Lamberts, Dutra e Pereira (2014), a eficiência energética tornou-se tema extremamente importante dentre os meios científicos e acadêmicos a preocupação referente aos impactos ambientais que o contínuo crescimento populacional tem provocado. O aumento da população mundial representa, na arquitetura, um aumento nas demandas por edificações e do consumo de energia, resultando na criação de diversas medidas preventivas em várias partes do planeta, inclusive no Brasil.

Segundo Brasil (2011), em outros tempos, as edificações eram construídas de forma adequada à região, no que diz respeito à paisagem e ao clima, obtendo assim, com esta arquitetura regionalista, um ambiente confortável com pouco uso de mecanismos artificiais para a manutenção deste conforto. Porém, com o tempo, o chamado estilo internacional ganhou espaço, utilizando a mesma solução arquitetônica em diferentes regiões sem levar em conta as características climáticas particulares de cada uma, obtendo o conforto desejado com o uso de mecanismos artificiais, necessitando, nesse tipo de edificação, de uma grande e problemática demanda de energia para garantir o conforto humano. Surge, desta forma, o conceito de desenvolvimento sustentável, o qual visa suprir as necessidades da geração atual, garantindo a manutenção dos recursos com o propósito de suprir também as necessidades das gerações futuras.

Dados de Brasil (2016) apontam que 50,8% do consumo energético brasileiro no ano de 2015 foram de responsabilidade das edificações, sendo 25,1% referente às edificações residenciais, 17,5% às edificações comerciais e 8,2% às edificações públicas. Neste contexto, Lamberts, Dutra e Pereira (2014) lembram que atualmente o panorama em que a arquitetura se encontra torna cada vez mais importante a necessidade de controlar o consumo de energia, induzindo a necessidade de concepção de edificações com maior eficiência energética, a qual cabe conceder o mesmo padrão de conforto que outra, porém com menor gasto de energia.

Perante a isso, para a classificação da eficiência energética de edificações, foi criada a Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE), a qual segundo PBE Edifica (2017) é o Selo de Conformidade que torna evidente que os requisitos de desempenho, estabelecidos em regulamentos técnicos e normas foram atendidos. A Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) possui uma classificação de “A” a “E”, sendo “A” a mais eficiente e “E” a menos eficiente. Esta classificação é feita com base em critérios estabelecidos no Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência de Edificações Residenciais (RTQ-R). Neste contexto, o objetivo do RTQ-R, segundo o Inmetro (2012), é a criação de condições para que as edificações residenciais, sejam elas unifamiliares ou multifamiliares, sejam etiquetadas conforme o nível de eficiência energética, especificando requisitos técnicos e métodos para a sua classificação.

Portanto, este estudo objetivou-se analisar e propor possíveis alterações em uma residência unifamiliar localizada na Região Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul a fim de otimizar a utilização de recursos e melhorar sua eficiência, delimitando-se nos critérios do RTQ-R para classificação de edificações quanto a sua eficiência energética.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 ETIQUETAGEM EM EDIFICAÇÕES

Cada vez mais é possível perceber que são destacados assuntos referentes a economizar energia elétrica nos edifícios. Lamberts, Dutra e Pereira (2014) enfatizam a importância que as campanhas criadas nesse sentido têm na luta contra o desperdício e o aumento considerável no uso de equipamentos com baixo consumo e maior eficiência energética. É importante destacar que o PBE Edifica (2017) iniciou em 1984, entre o Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (Inmetro) e a sociedade, discussão pautada acerca da criação de programas de avaliação da conformidade, trazendo o foco no desempenho, a fim de contribuir para que o uso da energia no Brasil fosse racionalizado, prestando informações sobre a eficiência energética dos equipamentos oferecidos no mercado nacional.

Tal projeto foi inicialmente pensado para o setor automotivo e posteriormente redirecionado e ampliado, ganhando o nome de Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE). Hoje, o PBE conta com 38 Programas de Avaliação da Conformidade em fases diferentes de implementação, contemplando a etiquetagem desde

eletrodomésticos até veículos e edifícios. Para a classificação da eficiência energética, foi criada a Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE), a qual segundo PBE Edifica (2017) é o Selo de Conformidade que torna evidente que os requisitos de desempenho, estabelecidos em regulamentos técnicos e normas foram atendidos. A classificação da ENCE se dá em faixas coloridas, geralmente “A”, considerada a mais eficiente, a “E”, definida como a menos eficiente. Assim sendo, a Etiqueta PBE Edifica (2017) pode ser obtida para edificações comerciais, públicas ou residenciais, a qual se divide em áreas de uso comum, unidades habitacionais autônomas, e multifamiliares.

Conforme o Inmetro (2013), são dois os tipos de ENCEs, dependendo do tipo de inspeção, a ENCE – Projeto da Edificação que é entregue após a inspeção do projeto e a ENCE – Edificação Construída, que é entregue após a inspeção na edificação construída. As Etiquetas do PBE inicialmente são implementadas de forma voluntária, segundo Brasil (2011), devendo passar a serem obrigatórias com o passar do tempo.

2.2 REGULAMENTO TÉCNICO DE QUALIDADE PARA O NÍVEL DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS – RTQ-R

A concessão da ENCE para o Inmetro (2013) é dada conforme os Regulamentos Técnicos da Qualidade, visando o estímulo à concepção de edificações mais eficientes. Assim, o Inmetro (2012) trata da aprovação da revisão do Regulamento Técnico de Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais – RTQ-R, determinando os requisitos técnicos que devem ser observados em projetos de edificações residenciais para as novas solicitações de etiquetagem.

O objetivo do RTQ-R, segundo o Inmetro (2012), é a criação de condições para que as edificações residenciais, sejam elas unifamiliares ou multifamiliares, sejam etiquetadas conforme o nível de eficiência energética, especificando requisitos técnicos e métodos para a sua classificação, ressaltando que as normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) devem ser atendidas pela edificação submetida a este RTQ. O RTQ, descrito pelo Inmetro (2012), divide em quatro itens a classificação do nível de eficiência para edificações residenciais, sendo realizada a etiquetagem para cada item da forma descrita. Para Unidades Habitacionais Autônomas (UHs) são avaliados requisitos referentes à eficiência do (s)

sistemas (s) de aquecimento de água, ao desempenho térmico da envoltória e a eventuais bonificações.

Na avaliação da envoltória de UHs, o Inmetro (2012) explica que alguns pré-requisitos são avaliados separadamente em cada ambiente. Um destes requisitos trata da transmitância térmica, capacidade térmica e absorção solar das coberturas e paredes externas de ambientes de permanência prolongada que devem atender valores estipulados conforme a Zona Bioclimática, onde se localiza a edificação. Não atendendo a este pré-requisito, poderá alcançar no máximo nível C nos equivalentes numéricos da envoltória para aquecimento, para refrigeração e para resfriamento.

Outros dois pré-requisitos do Inmetro (2012) tratam sobre a ventilação natural: o primeiro estipula um percentual mínimo de áreas de abertura para e o segundo trata da ventilação cruzada, a qual deve existir nas Zonas Bioclimáticas sendo proporcionada através de um sistema de aberturas, tanto externas quanto internas, não sendo consideradas portas de acesso principal ou de serviço, devendo a relação entre as áreas das aberturas nas paredes opostas ser maior ou igual a 0,25.

O último requisito especificado por Inmetro (2012) informa que se deve obter ao menos 12,5% da área útil do ambiente somando-se as áreas de aberturas para iluminação natural, em ambientes de permanência prolongada. Não atendendo a este pré-requisito, poderá alcançar no máximo nível C nos equivalentes numéricos da envoltória para aquecimento, para refrigeração e para resfriamento. O método prescritivo é citado por Inmetro (2012) como uma forma de determinar o desempenho térmico da UH através do seu equivalente numérico (EqNumEnv), o qual é objetivo em equações de regressão múltipla, conforme a Zona Bioclimática na qual encontra-se a edificação. Devido à variação das equações nas diferentes Zonas Bioclimáticas brasileira, aqui foram usados apenas os que dizem respeito a Zona Bioclimática 2 (ZB2) onde, de acordo com ABNT (2003b), insere-se a cidade de Panambi, localizada no Rio Grande do Sul.

2.2.1 Eficiência quando naturalmente ventilada

Os itens a seguir descrevem o procedimento que deve ser executado a fim de obter-se o nível de eficiência da envoltória da UH quando naturalmente ventilada, semelhante ao descrito em Inmetro (2012).

Cálculo do indicador de graus-hora para resfriamento: O indicador de graus-hora para resfriamento (G_{HR}) é calculado em cada ambiente de permanência prolongada da UH utilizando a equação referente à Zona Bioclimática onde a edificação está inserida. Se o indicador obtido na equação for negativo, deve-se considerá-lo como zero. Indica a soma de graus-hora durante o ano, tendo como temperatura de base 26°C para resfriamento.

Cálculo do consumo relativo para aquecimento: O consumo relativo anual para aquecimento (C_A) é calculado em cada ambiente de permanência prolongada da UH utilizando a equação referente à Zona Bioclimática onde a edificação está inserida. Indica a quantidade de energia gasta para aquecimento no período das 21 horas às 8 horas, durante o ano todo, mantendo a temperatura em 22°C. É um indicador utilizado na avaliação do desempenho da envoltória, não refletindo o consumo real do ambiente.

Determinação dos equivalentes numéricos da envoltória dos ambientes para resfriamento e aquecimento: Os equivalentes numéricos da envoltória do ambiente para aquecimento ($EqNumEnvAmbA$) e para resfriamento ($EqNumEnvAmbResfr$) devem ser determinados em cada ambiente de permanência prolongada da UH utilizando as tabelas referentes à Zona Bioclimática onde a edificação está inserida.

Determinação do equivalente numérico da envoltória da unidade habitacional autônoma para resfriamento: Obtém-se o equivalente numérico da envoltória da UH para resfriamento ($EqNumEnvResfr$) ponderando-se os $EqNumEnvAmbResfr$ pelas áreas úteis dos ambientes avaliados (AU_{amb}).

Determinação do equivalente numérico da envoltória da unidade habitacional autônoma para aquecimento: Obtém-se o equivalente numérico da envoltória da UH para aquecimento ($EqNumEnvA$) ponderando-se os $EqNumEnvAmbA$ pelas áreas úteis dos ambientes avaliados (AU_{amb}).

Determinação do equivalente numérico da envoltória da unidade habitacional autônoma: Obtém-se o equivalente numérico da envoltória da UH ($EqNumEnv$).

2.2.2 Eficiência Quando Condicionada Artificialmente

Deve-se calcular para qualquer edificação o nível de eficiência da envoltória quando condicionada artificialmente, mesmo quando esta for naturalmente ventilada.

É obrigatória a obtenção, neste item, do nível A de eficiência, se desejável a obtenção da bonificação de condicionamento artificial de ar. Os itens a seguir descrevem o procedimento que deve ser executado a fim de obter-se o nível de eficiência da envoltória quando condicionada artificialmente, semelhante ao descrito em Inmetro (2012).

Cálculo do consumo relativo para refrigeração: O consumo relativo anual para refrigeração (C_R) é calculado em cada dormitório, exceto dormitórios de serviço, utilizando a equação referente à Zona Bioclimática onde a edificação está inserida. Indica a quantidade de energia gasta para aquecimento no período das 21 horas às 8 horas, durante o ano todo, mantendo a temperatura em 24°C. É um indicador utilizado na avaliação do desempenho da envoltória, não refletindo o consumo real do ambiente.

Determinação do equivalente numérico dos ambientes para refrigeração: O equivalente numérico da envoltória do ambiente para refrigeração ($\text{EqNumEnvAmb}_{\text{Refrig}}$) é determinado para cada dormitório, exceto dormitórios de serviço.

Determinação do equivalente numérico da envoltória da unidade habitacional autônoma para refrigeração: Obtém-se o equivalente numérico da envoltória da UH para refrigeração ($\text{EqNumEnv}_{\text{Refrig}}$) ponderando-se os $\text{EqNumEnvAmb}_{\text{Refrig}}$ pelas áreas úteis dos ambientes avaliados (AU_{amb}).

2.2.3 Sistema De Aquecimento De Água

Nesta seção são descritos os critérios utilizados para a avaliação da eficiência dos sistemas de aquecimento de água de UHs. Inmetro (2012) avalia sistemas entregues instalados, desconsiderando espera para futura instalação de aquecimento de água. O pré-requisito na avaliação do(s) sistema(s) de aquecimento de água, conforme o Inmetro (2012) é de que as tubulações metálicas para água quente devem possuir isolamento térmico com espessura, em centímetros.

Determinação do Equivalente Numérico do Sistema de Aquecimento de Água: A eficiência do sistema de aquecimento de água é determinada através dos resultados dos itens descritos a seguir, conforme exposto em Inmetro (2012). No caso da não existência de um sistema de aquecimento de água instalado na UH, e de esta se encontrar nas regiões Nordeste ou Norte, o nível D ($\text{EqNumAA} = 2$) deve ser

adotado. Para UHs inseridas nas demais regiões, também não contando com um sistema de aquecimento de água instalado, adota-se o nível E (EqNumAA = 1).

Sistemas de aquecimento a gás: Os itens a seguir descrevem o procedimento que deve ser executado a fim de obter-se o nível de eficiência do sistema de aquecimento de água da UH, semelhante ao descrito em Inmetro (2012).

Pré-requisitos do sistema de aquecimento a gás: Aquecedores a gás do tipo instantâneo devem possuir ENCE A ou B para que seja possível a obtenção do nível A. Devem ainda ser atendidas, pelos aquecedores a gás, as normas técnicas brasileiras ou normas internacionais aplicáveis, no caso da ausência destas. O local onde os aquecedores estiverem instalados deve ser protegido contra intempéries, de forma permanente, possuindo ventilação adequada e instalação conforme a NBR 13103. O instalador deve, preferencialmente, fazer parte do Programa de Qualificação de Fornecedores de Instalações Internas de Gases Combustíveis e Aparelhos a Gás – QUALINSTAL GÁS. É necessário ainda, para obtenção dos níveis A ou B na classificação de aquecedores a gás do tipo instantâneo, que o sistema de aquecimento possua potência informada pelo projetista dentro de uma variação de 20%, para mais ou para menos, diante do dimensionamento realizado, conforme a metodologia a seguir.

Primeiramente, devem ser determinadas as vazões instantâneas de água quente. O aquecedor a gás do tipo instantâneo precisa possuir vazão igual ou superior a soma das vazões dos pontos de consumo ($m_{máxima}$) os quais podem estar em funcionamento simultaneamente. As vazões instantâneas devem ser levantadas considerando a quantidade de pessoas na UH e o perfil do usuário. Considera-se a existência de uma pessoa para dormitório de serviço e duas pessoas por dormitório social e um mínimo de 50 litros/pessoa/dia (0,05 m³/pessoa/dia). Para as vazões dos pontos de consumo, recomenda-se sua determinação consultando os fabricantes das peças hidráulicas que serão instaladas na UH.

Aquecedores a gás classificados pelo PBE: Os aquecedores a gás do tipo instantâneo necessitam possuir ENCE, além de estarem em conformidade com as normas técnicas brasileiras para aquecedores a gás. Adota-se a classificação da ENCE obtida na tabela do PBE, levando-se em consideração a última versão publicada na página do Inmetro.

2.2.4 Sistema De Aquecimento Elétrico

Desde que faça parte do PBE, a eficiência energética de sistemas de aquecimento de água com aquecedores elétricos de passagem é obtida em função da potência do aparelho. Considera-se a última versão publicada na página do Inmetro. Atribui-se nível D para aparelhos com potência $P \leq 4.600$ W e nível E para aparelhos com potência $P > 4.600$ W. Caso o equipamento possua potência regulável, a classificação é atribuída pela maior potência. Se o equipamento não possuir classificação pelo Inmetro, atribui-se nível E. Para bonificações, o Inmetro (2012) descreve que na classificação final da UH pode-se somar até 1 ponto devido a iniciativas que aumentem a sua eficiência, justificando-as e comprovando-as.

Iluminação natural (até 0,30 pontos): Para a obtenção de 0,20 pontos de bonificação, o Inmetro (2012) estabelece que a maioria dos ambientes de permanência prolongada e cozinha, quando existir iluminação natural lateral. Para ambientes com aberturas em paredes diferentes é preciso considerar a menor profundidade. Os outros 0,10 pontos deste quesito, segundo o Inmetro (2012), serão obtidos no caso de todos os ambientes de permanência prolongada, bem como cozinha, tiverem teto com refletância acima de 60%.

Condicionamento artificial de ar (até 0,20 pontos): Em primeiro lugar, segundo o Inmetro (2012), é necessário que a envoltória da UH atinja nível A quando condicionada artificialmente. Depois, é preciso verificar se os condicionadores de ar instalados, sejam eles do tipo janela, sejam do tipo split, possuam Selo Procel ou ENCE A e estejam de acordo com as normas brasileiras vigentes quanto a condicionadores de ar domésticos. A pontuação é atribuída conforme o número de ambientes de permanência prolongada proporcionalmente ao total deles, variando de zero a 0,20.

Iluminação artificial (até 0,10 pontos): É atribuída pelo Inmetro (2012) conforme a porcentagem de pontos de iluminação existentes com Selo Procel ou com eficiência superior a 75 lm/W. Se 50% das fontes atenderem a este requisito, obtém-se 0,05 pontos. Já com 100% das fontes deste tipo, a pontuação obtida é de 0,10 pontos.

Refrigeradores: O Inmetro (2012) especifica que para a obtenção desta bonificação faz-se necessário que os refrigeradores instalados possuam Selo Procel ou ENCE nível A e que sejam instalados conforme recomendação do fabricante,

garantindo condições adequadas para ventilação da serpentina trocadora de calor externa. Em caso de inexistência de tais recomendações no manual do refrigerador, devem-se utilizar espaçamentos de 15 cm na parte de trás e superior e 10 cm nas laterais. O refrigerador precisa ainda estar instalado distante de fontes de calor e em local sombreado. Não são aceitos frigobares como refrigerado.

3 METODOLOGIA

O estudo utilizou-se de uma abordagem qualitativa (MARCONI; ILAKATOS, 2004). Os procedimentos técnicos da pesquisa se classifica em pesquisa bibliográfica e documental, desenvolvida a partir de material já elaborado, constituído principalmente de livros e artigos científicos da mesma temática, bem como as plantas e documentos relacionados a construção da edificação analisada. Ainda, classifica-se quanto aos objetivos como pesquisa descritiva (TEIXEIRA et al., 2009) e como estudo de caso único (YIN, 2001).

A escolha da edificação baseou-se nas seguintes delimitações: a) ser unifamiliar; b) não ter sido projetada para alcançar a eficiência energética; c) construída no máximo a cinco anos e; d) possuir modelo arquitetônico popular. Assim, definiu-se para o caso de estudo, uma edificação localizada na Região Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul construída através do financiamento habitacional denominado “Minha Casa Minha Vida”, com construção iniciada no ano de 2014 e finalizada no ano de 2015. O método prescritivo definido como base para a classificação da edificação em análise foi o RTQ-R.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo são apresentados os resultados obtidos com cada uma das alterações propostas no projeto original, objetivando sempre a obtenção da classificação nível A de eficiência energética.

4.1 O CASO ESTUDADO

As informações relacionadas a análise do projeto original da residência escolhida para o estudo são apresentadas no Quadro 1 abaixo:

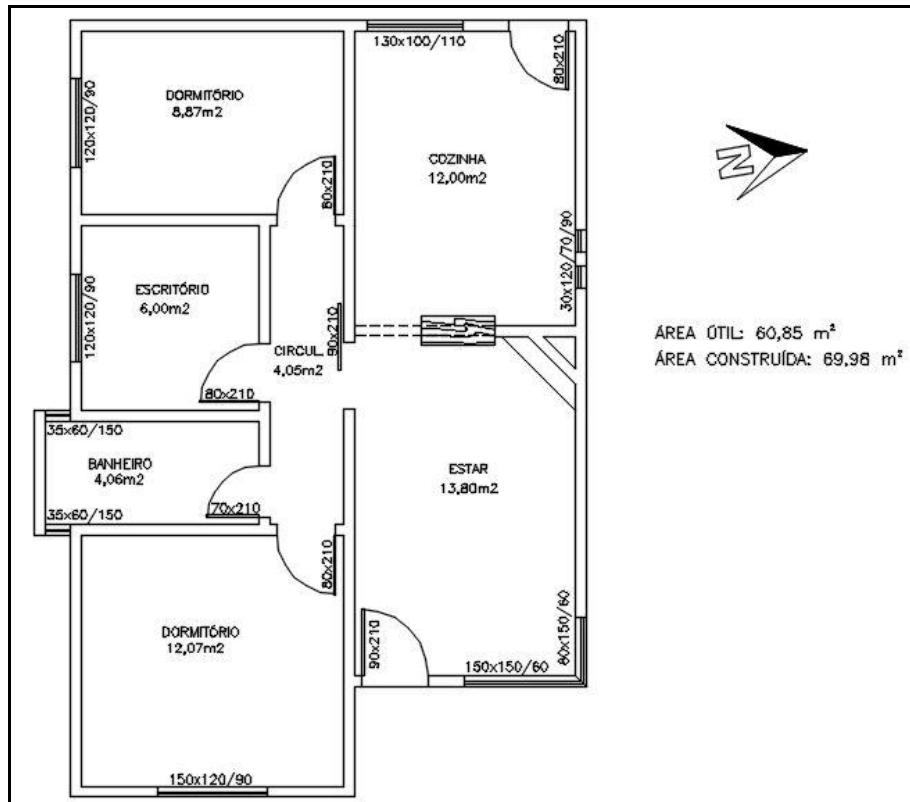
Quadro 1 - Características da edificação estudada

ITEM	CARACTERÍSTICA
Localização	Região Noroeste do RS
Categoria	Residencial
Área	69,98m ²
Número de pavimentos	1
Pé-direito	2,60m
Sistema de aquecimento de água	Inexistente
Paredes externas	Bloco cerâmico (14x19x29cm) rebocado (2,5cm externo e 1,5cm interno) pintado
Paredes internas	Bloco cerâmico (9x14x24cm) rebocado (2,5cm de cada lado) pintado
Tipo de abertura das esquadrias	De correr
Tipo de vidro	Simples sem isolamento
Cobertura	Telhas de concreto sobre estrutura de madeira de eucalipto e forro de madeira (1cm)

Fonte: Elaborado pelos autores (2018).

A residência conta com seis cômodos, sendo cozinha, estar, banheiro, escritório e dois dormitórios, e a fachada encontra-se voltada para leste. A Figura 1 a seguir mostra a disposição e a área dos ambientes, bem como a sua posição geográfica, além do tamanho das aberturas existentes.

Figura 1 - Disposição dos cômodos na residência



Fonte: Elaborado pelos autores (2018).

4.2 PROPOSIÇÕES DE MELHORIAS NO CASO DE ESTUDO SEGUNDO OS CRITÉRIOS DO RTQ-R

4.2.1 Envoltória

O primeiro passo a ser dado no que diz respeito à envoltória é garantir que os pré-requisitos sejam atingidos. Para tanto, faz-se necessário aumentar a área das aberturas, tanto para iluminação quanto para ventilação, uma vez que nenhum destes dois pré-requisitos foi atendido totalmente. A opção proposta é de aumentar-se a largura das janelas dos dois dormitórios, evitando o acréscimo de altura pela existência das vergas e contra vergas. As Figuras 2 e 3 trazem as dimensões propostas para tais aberturas e a verificação do atendimento aos pré-requisitos estabelecidos quanto aos percentuais de ventilação e iluminação, respectivamente.

Figura 2 - Percentuais de ventilação após alterações propostas

Ambiente	Área (m ²)	Tam. Esquadrias (cm)		Tipo	Área do vão (m ²)	F Vent. (%)	Área Vent. (m ²)	Área Total Vent. (m ²)	Porcent. vent. (%)	Atende?
		Altura	Comp.							
Estar	13,80	150	80	Correr 3F	1,2	60	0,72	2,07	15,00	Sim
		150	150		2,25		1,35			
Dormitório 1	12,07	120	180	Correr 2F	2,16	45	0,972	0,97	8,05	Sim
Dormitório 2	8,87	120	140	Correr 2F	1,68	45	0,756	0,76	8,52	Sim
Escritório	6,00	120	120	Correr 2F	1,44	45	0,648	0,65	10,80	Sim

Fonte: Elaborado pelos autores (2018).

Figura 3 - Percentuais de iluminação após alterações propostas

Ambiente	Área (m ²)	Tam. Esquadrias (cm)		Tipo	Área do vão (m ²)	F ilum. (%)	Área ilum. (m ²)	Área Total ilum. (m ²)	Porcent. ilum. (%)	Atende?
		Altura	Comp.							
Estar	13,80	150	80	Correr 3F	1,2	75	0,9	2,59	18,75	Sim
		150	150		2,25		1,6875			
Dormitório 1	12,07	120	180	Correr 2F	2,16	80	1,728	1,73	14,32	Sim
Dormitório 2	8,87	120	140	Correr 2F	1,68	80	1,344	1,34	15,15	Sim
Escritório	6,00	120	120	Correr 2F	1,44	80	1,152	1,15	19,20	Sim

Fonte: Elaborado pelos autores (2018).

Inicialmente, alguns cômodos de permanência prolongada apresentaram nível bom na classificação. Não fosse pelo fato do não atendimento aos pré-requisitos de ventilação e iluminação natural, em alguns deles, a classificação final da envoltória seria satisfatória. Já eram previstos resultados abaixo dos esperados no caso de a classificação ser abaixo e não serem atendidos todos os pré-requisitos.

Felizmente, verificou-se a facilidade em atingir os índices exigidos nos pré-requisitos, melhorando a classificação da envoltória da UH e não sendo necessário alterar características da edificação, tais como composição das paredes ou da cobertura e pintura de toda a parte externa. Depois de consideradas estas alterações no cálculo da classificação da UH, verificou-se que a classificação da envoltória para verão permaneceu com nível C, já na situação de inverno houve alguma melhora, continuando com classificação nível B, porém com média um pouco maior. O principal ganho foi na avaliação da envoltória quando refrigerada artificialmente, a qual torna-se indispensável para a obtenção de bonificações posteriormente, chegando ao nível A neste quesito.

A pontuação final da envoltória da UH aumentou de 3,26 para 3,43, mantendo a classificação nível C para a mesma. Tal classificação era esperada e é satisfatória frente à situação da residência, já que na fase de projeto e execução, não foram contempladas medidas a fim de contar com uma alta eficiência energética. No que diz

respeito a classificação final da UH, a pontuação que anteriormente estava em 2,67 passa a ser de 2,78, mantendo a residência ainda no nível C.

4.2.2 Sistema De Aquecimento De Água

O sistema de aquecimento de água, no caso de edificações localizadas na região Sul, representa 35% da nota final para a classificação, tornando-se assim impossível a obtenção do nível A caso não haja um sistema de aquecimento de água instalado na residência.

Para este estudo, realizado em uma edificação existente, a melhor opção para obtenção da máxima classificação, principalmente em termos de viabilidade, é o uso de equipamentos de aquecimento de água a gás do tipo instantâneo, o qual deve possuir ENCE nível A, proporcionando à residência a mesma classificação. A residência conta com 1 chuveiro, 1 lavatório e 1 pia. Considerou-se que todos estes pontos de consumo sejam atendidos pelo sistema e que também possam todos ser utilizados simultaneamente.

As vazões para os pontos de consumo foram obtidas através da ABNT (1998) e podem ser visualizadas no Quadro 2 abaixo.

Quadro 2 - Vazões nos pontos de utilização

Aparelho sanitário	Peca de utilização	Vazão de projeto L/s
Chuveiro ou ducha	Misturador	0,20
Lavatório	Torneira ou misturador	0,15
Pia	Torneira ou misturados	0,25

Fonte: Adaptado de ABNT (1998, p. 13).

Desta forma, obtiveram-se para cálculo os valores de $m_{máxima} = 2160 \text{ L/h}$ (0,60 L/s), $T_{consumo} = 40^\circ\text{C}$ e $T_{água\ fria} = 20^\circ\text{C}$. Aplicando a Equação 5, obtém-se a potência útil mínima necessária (Q) de 50,23 kW.

Com a instalação de um aquecedor de água a gás do tipo instantâneo, obedecendo as normas técnicas vigentes no que diz respeito a instalação e conservação do mesmo e com tubulação com diâmetros e isolamento térmico adequados, respeitando os pré-requisitos apresentados no item 3.3.3.1, contando este com ENCE nível A e potência útil de 50,23 kW, podendo variar em 20% para mais ou para menos, recebe-se a classificação nível A para o sistema de

aquecimento de água. Com a instalação deste sistema de aquecimento de água atingiu-se a pontuação de 4,18, passando a contar com uma classificação nível B.

4.2.3 Bonificações

Quanto às bonificações, buscaram-se as que fossem de fácil obtenção e viáveis de serem executadas. Algumas poderiam ter sido contempladas já na classificação original da residência, pois tratam quase que exclusivamente da utilização de equipamentos classificados com ENCE e dentro das normas brasileiras vigentes. Porém, verificou-se a dificuldade de comprovação de tal classificação nestes aparelhos, pelo fato de serem usados e não terem sido guardadas suas embalagens originais ou manuais. Foram buscadas bonificações que não necessitassem de grandes alterações na residência existente, desta forma o foco foi em aparelhos com baixo consumo de energia, com exceção da pintura do forro.

4.2.3.1 Iluminação Natural

Na classificação original já contemplou uma bonificação de 0,20 pontos neste quesito referente à profundidade dos ambientes, ficando ainda a possibilidade da obtenção de mais 0,10 pontos caso todos os ambientes de permanência prolongada e cozinha possuam refletância do teto acima de 60%. Sendo que o forro original da residência é de madeira envernizada, torna-se difícil a comprovação do tipo de madeira e de verniz utilizados.

Propõe-se que os forros de todos os cômodos já mencionados recebam tinta na cor branca, a qual segundo Eletrobrás, PROCEL e PROCEL Edifica possui índice de reflexão entre 70 e 80%. A pintura dos forros de todos os ambientes na cor branca, atingindo uma refletância maior que 60%, possibilita a obtenção de 0,10 pontos de bonificação por facilitar a iluminação natural do ambiente.

4.2.3.2 Condicionamento Artificial De Ar

Na edificação original encontram-se instalados dois condicionadores de ar do tipo *split*, um na sala de estar e outro em um dos dormitórios, porém os mesmos encontram-se sem a ENCE, impedindo que sejam aproveitados para a obtenção desta bonificação. Propõem-se que estes sejam substituídos por outros que possuam ENCE A e estejam de acordo com as normas brasileiras de condicionamento de ar vigentes.

Com a troca dos condicionadores de ar por outros, com comprovada ENCE nível A e respeitando as normas brasileiras de condicionamento de ar vigente, nos dois cômodos que já possuem equipamentos semelhantes, obtém-se 0,10 pontos de bonificação. Esta pontuação se dá pelo fato de serem dois os ambientes que contam com condicionamento artificial de ar dentre os quatro ambientes de permanência prolongada existentes na residência, totalizando 50% dos ambientes e, consequentemente, metade da pontuação máxima passível de ser obtida neste quesito.

4.2.3.3 Iluminação Artificial

Não é possível comprovar a eficiência das fontes de iluminação existentes na residência, portanto propõe-se que todas sejam substituídas por outras que atendam as especificações do item 3.3.4.3. No que diz respeito às fontes de iluminação, pela facilidade e viabilidade de sua troca, é possível a obtenção de 0,10 pontos de bonificação, efetuando a substituição de todas as fontes de iluminação presentes na residência por outras que possuam Selo Procel ou comprovem eficiência superior a 75 lm/W.

4.2.3.4 Refrigeradores

A impossibilidade de avaliação do refrigerador existente faz com que se torne necessária à sua substituição por outro com ENCE A com instalação seguindo as recomendações do fabricante. A substituição do refrigerador por outro que possua ENCE nível A e tenha sua instalação executada conforme recomendação do fabricante possibilita a obtenção de uma bonificação de 0,10 pontos.

4.3 CLASSIFICAÇÃO FINAL DA UH APÓS ALTERAÇÕES

Com todas as alterações consideradas no cálculo de classificação do nível energético da UH, obteve-se uma pontuação total de 4,58 e alcançou-se a classificação nível A, que era o objetivo desde o início deste estudo. O Quadro 3 demonstra os valores finais de pontuação de cada quesito, mais as bonificações e a pontuação geral final da residência e o nível de eficiência energética atingida.

Quadro 3 - Classificação final da edificação após alterações

Pontuação Total	Identificação	
	Envoltória para Verão	C
		2,70
	Envoltória para Inverno	B
		4,00
	Aquecimento de Água	A
		5,00
	Equivalente numérico da envoltória	C
		3,43
	Envoltória se refrigerada artificialmente	A
		4,58
	Bonificações	0,60
	Região	Sul
	Coeficiente a	0,65
Classificação final da UH		A
Pontuação Total		4,58

Fonte: Elaborado pelos autores (2018).

5 CONCLUSÕES

Durante muito tempo o desenvolvimento deu-se de forma despreocupada no que diz respeito aos cuidados com o meio ambiente, seja extraíndo de forma descontrolada matérias primas, seja utilizando os recursos naturais sem limites, demonstrando apenas preocupações em curto prazo. Em contraponto a esse pensamento, surge uma preocupação voltada para as futuras gerações e a relevância de práticas ecológicas que sejam aplicadas pela população com o intuito de diminuir os impactos na natureza e reduzir custos.

Na área da arquitetura isso não é diferente. A eficiência energética é um assunto que vem ganhando espaço no setor pelo fato de apresentar uma forte tendência de normas rígidas e, consequentemente, exigir mais dos profissionais que atuam na área. Nesse contexto, observa-se que as práticas sustentáveis na construção civil são capazes de reduzir os custos com manutenção, além de gerar um reduzido volume de resíduos.

Após a análise dos resultados obtidos através do presente estudo, foi possível perceber que os objetivos do trabalho foram alcançados. Por meio do levantamento de referencial teórico pertinente ao tema do trabalho, com o estudo e a análise do modelo, bem como através dos cálculos realizados com base no método escolhido, conseguiu-se analisar o nível de eficiência de uma residência existente e propor

alterações a fim de atingir o nível máximo de eficiência energética, segundo critérios do RTQ-R.

A habitação que foi estudada apresentou evolução do nível C para o A com as melhorias sugeridas. Nesse sentido, alguns pontos facilitaram na nota da envoltória, como a cor das paredes e a cobertura com boas propriedades térmicas. Por esses motivos, não foi preciso modificar muito as características físicas da edificação. Cabe salientar ainda que a principal alteração que influenciou na nota final foi a proposta de instalação do sistema de aquecimento de água, pois sem esse critério não seria possível alcançar a classificação máxima, já que corresponde a 35% da pontuação final para residências localizadas na Região Sul do Brasil.

Buscou-se o máximo o alcance das bonificações sem que houvesse a necessidade de alterar o projeto original da residência. As proposições podem ser consideradas simples, uma vez que tratam quase que exclusivamente de trocas de equipamentos e aparelhos consumidores de energia. As limitações da pesquisa e sugestão para estudos futuros se refere à viabilidade econômica de se ter uma edificação com classificação máxima em eficiência energética, visto que mesmo que seja planejado desde o projeto, haverá um gasto maior durante a execução da obra, para teoricamente economizar durante o uso desta edificação. Aparentemente, o gasto seria maior no caso de implantação em residências existentes. Então, não se sabe se o investimento “se paga” ou se apenas acompanha a “onda” de desenvolvimento sustentável.

REFERÊNCIAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 15220-3 – Desempenho térmico de edificações – Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Rio de Janeiro: ABNT, 2003.

_____. NBR 5626 – Instalação predial de água fria. Rio de Janeiro: ABNT, 1998.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética. Balanço Energético 2016: Ano base 2015. Relatório Final. Rio de Janeiro: EPE, 2016.

_____. Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética. Plano Nacional de Eficiência Energética: Premissas e diretrizes básicas. Rio de Janeiro: EPE, 2011.

INMETRO – Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia. Anexo da Portaria Inmetro Nº 18/2012 Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais – RTQ-R. Rio de Janeiro. 2012.

_____. Anexo da Portaria Inmetro Nº 50/2013 Requisitos de Avaliação da Conformidade para Eficiência Energética de Edificações – RAC. Rio de Janeiro. 2013.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. O. R. Eficiência Energética na Arquitetura. 3 ed. Rio de Janeiro: Eletrobrás/Procel, 2014.

MARCONI, M. A; LAKATOS, E. V. Metodologia científica. São Paulo: Editora Atlas, 2004.

TEIXEIRA, E. B.; ZAMBERLAN, L.; RASIA, P. C. Pesquisa em Administração; Ijuí: Ed. Unijuí, 2009.

ABSTRACT

This study aimed to analyze and propose possible changes in a single-family residence located in the Northwest Region of the State of Rio Grande do Sul in order to optimize the use of resources and improve their efficiency, delineating in the RTQ-R criteria for classification of their energy efficiency. From a qualitative, descriptive approach the analyzes started from a case study with bibliographical and documentary data collection. The results obtained through the analyzes of the model adopted, as well as through the calculations made on the basis of the chosen method, allowed to analyze the efficiency level of an existing residence and to propose changes in order to reach the maximum level of energy efficiency, according to criteria of the RTQ-R. The housing that was studied presented evolution from level C to A with the suggested improvements.

Keywords: Energy Efficiency. RTQ-R. Buildings. Sustainable Development.