XV ENCAC Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído
XI ELACAC Encontro Latino-Americano de Conforto no Ambiente Construído
JOÃO PESSOA | 18 a 21 de setembro de 2019

O CUSTO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM UMA EDIFICAÇÃO RESIDENCIAL EM BELO HORIZONTE - MG

Carolina Tavares de Sousa Vilela (1); Roberta Vieira Gonçalves de Souza (2)
(1) Arquiteta, carolinatsvilela@gmail.com, Escola de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Minas Gerais
(2) Doutora, Professora do Departamento de Tecnologia da Escola de Arquitetura, robertavgs2@gmail.com, Universidade Federal de Minas Gerais, Departamento de Tecnologia, Laboratório de Conforto Ambiental e Eficiência Energética em Edificações

RESUMO
A análise de eficiência energética vem ganhando espaço na construção civil brasileira. Porém, muitas vezes, este é um quesito negligenciado devido a um modo de produção que prioriza custo e prazo. O principal objetivo desse trabalho é estimar o custo necessário para otimizar um empreendimento com vistas a uma maior eficiência energética. Para tal realizou-se estudo de caso de empreendimento residencial em Belo Horizonte a partir da aplicação do Regulamento Técnico da Qualidade para o nível de Eficiência Energética em Edificações Residenciais – RTQ-R. As unidades habitacionais e a área comum foram classificadas antes e depois da aplicação de propostas de melhoria para atingir nível A de eficiência energética. Orçamentos foram feitos para quantificar os custos das melhorias. O resultado obtido foi um aumento de 5,28% no total do custo da obra. Para as melhorias mais significativas foi calculado o tempo de retorno do investimento, sendo aproximadamente 4 anos para o retorno investido em sistema de aquecimento solar de água com *backup* a gás e 4 meses para captação de água da chuva e reuso em descargas de bacias sanitárias com utilização de acessórios economizadores de água, como restritores de vazão e arejadores. Conclui-se que é possível ter um empreendimento energeticamente eficiente com um pequeno aumento no custo da obra. Custo este, que se dividido por todas as unidades habitacionais, não produzirá aumento significativo para o comprador. A pertinência desse aumento pode ser verificada a longo prazo devido a economia para o proprietário do imóvel.
Palavras-chave: Eficiência Energética, Construção Civil, RTQ-R e Estudo de Caso

ABSTRACT
Energy efficiency is an issue that has been increasingly applied in Brazilian civil construction. However, it is often neglected due to a production mode that prioritizes cost and production time. The main objective of this work is to estimate the cost necessary to improve the energy efficiency of a residential building. In order to do so, a residential building located in Belo Horizonte was analyzed by the application Technical Quality Regulation of Energy Efficiency for Residential Buildings - RTQ-R. The buildings and the common areas were classified before and after the proposition of improvements to reach a level A of energy efficiency. To price these improvements, all of them were budgeted. The result obtained was an increase of 5.28% in the total construction cost. For the most significant improvements, the investment return time was calculated, estimated in approximately 4 years for the return invested in the solar water heating system with gas backup and 4 months for rainwater harvesting and reuse in discharges of sanitary basins with use of water-saving accessories such as flow restrictors and aerators. It is concluded that one can have an energy-efficient building with a small increase in the building cost, If that extra cost is divided among all housing units it does not produce a significant increase in the unit price. This increase becomes relevant when it is seen that in the long term it will generate savings for the owner.
Keywords: Energy efficiency, Civil construction, RTQ-R

1. INTRODUÇÃO

Frente ao crescente consumo de energia pelas edificações, governos em todo o mundo vem adotando políticas e medidas com o objetivo de reduzir o consumo de energia e promover a eficiência energética (IWARO e MWASHA, 2010). A eficiência energética na arquitetura é um atributo inerente à edificação, que representa seu potencial em possibilitar conforto térmico, visual e acústico aos usuários com baixo consumo de energia (LAMBERTS, DUTRA, PERREIRA, 2014).

No Brasil, o Governo Federal sancionou a Lei nº10.295, de 17 de outubro de 2001 que dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia, visando a alocação eficiente de recursos energéticos e a preservação do meio ambiente (BRASIL, 2001). Essa lei foi regulamentada pelo Decreto nº4.059, de 19 de dezembro de 2001 (BRASIL, 2001a), no qual são estabelecidos os níveis máximos de consumo de energia, ou mínimos de eficiência energética de vários produtos, dentre eles, edificações construídas.

Devido a necessidade de criação de indicadores técnicos e regulamentação específica para a estabelecer níveis de eficiência energética no país, o Inmetro e a Eletrobrás, através do Procel Edifica, lançaram em 2009 o Regulamento Técnico da Qualidade para Nível de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas (RTQ-C), e em 2010 o Regulamento Técnico da Qualidade para Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais (RTQ-R) (BRASIL, 2012). Ambos definem parâmetros a serem seguidos pelas edificações, que ao final da análise recebem uma classificação de A a E, no qual A é o nível mais eficiente energeticamente e E é o menos.

Segundo o Balanço Energético Nacional (BRASIL, 2018) realizado pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE), o consumo de energia elétrica se intensificou no Brasil. Dentre os grupos setoriais estratificados pelo Balanço Energético Nacional o setor residencial brasileiro apresenta-se como o segundo maior consumidor de energia elétrica, atrás apenas do setor industrial, com uma participação de 28,8% do total em 2017. Em 2018, o país possuía da ordem de 2800 unidades habitacionais etiquetadas (INMETRO, 2019), o que pode ser considerado um número pouco expressivo para um país que possuía neste mesmo período, 74 milhões de unidades com acesso à energia elétrica (IBGE, 2019).

Após uma década da criação dos regulamentos, considera-se que o mercado construtivo ainda precisa se "adaptar ao conceito de eficiência de um edifício: os arquitetos, com os parâmetros de projeto; os profissionais envolvidos, com a construção civil com o registro de informações e documentos ao longo da obra; os fornecedores de materiais, com a uniformização da linguagem e parâmetros de especificação técnica de seus produtos; as agências financiadoras com os próprios conceitos de eficiência; e o público em geral, com a etiqueta de eficiência e seu significado (Etiqueta Nacional de Conservação de Energia – ENCE)" (CARLO; LAMBERTS, 2010).

Foram identificados poucos estudos sobre as barreiras existentes na aplicação dos regulamentos de eficiência energética no Brasil. Considera-se que uma das barreiras possa ser a do investimento necessário para a melhoria de eficiência energética. Neste sentido, Pires et. al. (2012) analisaram o impacto da substituição de paredes em empreendimento localizado na ZB1 encontrando um tempo de retorno do investimento de aproximadamente 2 anos para o sistema com melhor custo-benefício quando comparado ao sistema originalmente especificado. Já Zain e Carvalho (2017) analisaram os custos para otimização de eficiência energética em um empreendimento residencial em Balneário Camboriú, ZB2, e concluíram que medidas para aumentar a eficiência energética do empreendimento apresentaram impacto financeiro considerado baixo com um incremento de aproximadamente 5% do valor da obra. As autoras, no entanto, não calcularam o tempo de retorno financeiro do investimento.

O presente trabalho visa identificar se o custo seria impeditivo para que medidas de eficiência energética sejam mais amplamente usadas no Brasil. Para tal, estima, além do percentual de aumento no valor total da obra, o tempo de retorno do investimento de algumas das melhorias propostas em um empreendimento na cidade de Belo Horizonte, ZB3.

2. OBJETIVO

O objetivo geral desse trabalho foi estimar o custo da adoção de medidas para melhoria de classificação de eficiência energética em uma edificação multifamiliar em Belo Horizonte, ZB3, utilizando como base o RTQ-R, estimando ainda o tempo de retorno dos principais investimentos a serem feitos.

3. MÉTODO

A metodologia deste trabalho e composta de 4 etapas, sendo a primeira a classificação do empreendimento

selecionado de acordo com o RTQ-R. Após a determinação da eficiência do projeto original, foram propostas alterações para melhoria de eficiência. Para quantificar os valores das alterações, foram requisitados orçamentos à várias empresas ou mesmo à construtora fornecedora do projeto para análise. Para o cálculo do tempo de retorno do investimento foi utilizada a metodologia de *payback* simples.

3.1. Avaliação de Eficiência Energética

O Regulamento Técnico da Qualidade para Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais (RTQ-R), apresenta parâmetros para classificação da envoltória, do aquecimento de água e para a contabilização de bonificações (BRASIL 2012). Para fazer os cálculos necessários à definição da eficiência energética do empreendimento, foi utilizada a planilha Excel® de cálculo desenvolvida pelo Laboratório de Eficiência Energética em Edificações (LabEEE) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), que se encontra disponível no site do PBE Edifica (2016), para determinar a classificação de cada UH. Para os demais cálculos, foram desenvolvidas planilhas também em Excel®. As informações do projeto arquitetônico do empreendimento foram obtidas das plantas e cortes em AutoCAD. Foram cedidos pela Construtora os projetos: estrutural, hidráulico, elétrico e de elevador, o memorial descritivo (especificações) e o manual do proprietário. Outras planilhas disponibilizadas pelo PBE Edifica e utilizadas neste trabalho foram: Planilha de cálculo da eficiência de Elevador e Planilha de cálculo de eficiência do sistema de Aquecimento Solar de Água.

3.2. Orçamentos

Para possibilitar a comparação de custos, a Construtora forneceu ainda a planilha orçamentária do empreendimento. Assim, após fazer a análise seguindo o RTQ-R, fizeram-se orçamentos das modificações propostas para aumentar a classificação das unidades habitacionais e da área comum do empreendimento. Os orçamentos foram feitos a partir de contatos via e-mail ou telefone com fornecedores recomendados ou por sites da internet. Após o primeiro contato, foram enviados os projetos requisitados para possibilitar um orçamento fidedigno.

3.3. Tempo de Retorno do Investimento

Payback é definido por Gitman (2002) como o período necessário para recuperar o capital investido. Para calculá-lo utilizou-se:

- valor do investimento (R$): valor gasto na implantação do projeto, por exemplo implantação do sistema de aquecimento solar de água;
- valor economizado (R$): diferença entre o valor gasto mensalmente com a especificação do projeto original e o valor gasto com a proposta de melhoria, por exemplo, a diferença mensal entre o valor gasto pelo consumo de energia para aquecimento de água com chuveiro elétrico e o valor cobrado após a implantação do sistema de aquecimento solar de água.

O valor economizado foi dividido pela inflação média anual, para que se possa ter um valor factível. Assim, tem-se o tempo de retorno do investimento em meses, como mostrado na Equação 1.

$$\text{Tempo de Retorno do Investimento (mês)} = \frac{Valor\ do\ investimento}{\frac{Valor\ economizado}{Inflação}} \qquad \text{Equação 1}$$

Utilizando essa metodologia sabe-se em quanto tempo o valor investido pela Construtora e repassado para os moradores será pago por estes.

3.4. Estudo de Caso

O empreendimento analisado está localizado no Bairro Castelo em Belo Horizonte, na Zona Bioclimática 3. Possui uso misto, comercial e residencial, contudo, somente a parte residencial foi analisada. Uma imagem externa e a planta do pavimento tipo podem pode ser vistas nas Figuras 1 e 2.

Na área residencial há 2 torres: o bloco 1 possui 13 pavimentos e bloco 2, 12 pavimentos. Há 4 unidades habitacionais (UHs) por andar, sendo que o 1° pavimento do Bloco 1 possui apenas 2 UHs, totalizando 98 unidades habitacionais. Cada UH é composta por 1 suíte, 2 quartos, 1 banheiro, circulação, sala de estar/jantar, cozinha/área de serviço e varanda. No 1° pavimento do Bloco 2, as UHs não possuem varanda, ampliando, assim, a sala de estar/jantar. Nas UHs da cobertura, há 2 andares, sendo no 1° andar a varanda reduzida para a colocação de uma escada e no 2° andar há uma sala de estar, 1 banheiro e 1 terraço.

A área de uso frequente é composta por acessos externos com rampas, garagens cobertas e descobertas, circulações e por um elevador e uma escada em cada bloco. A área de uso eventual consiste no salão de festas, copa, sauna, varanda gourmet, piscina e playground.



Figura 1 – Fachadas das edificações

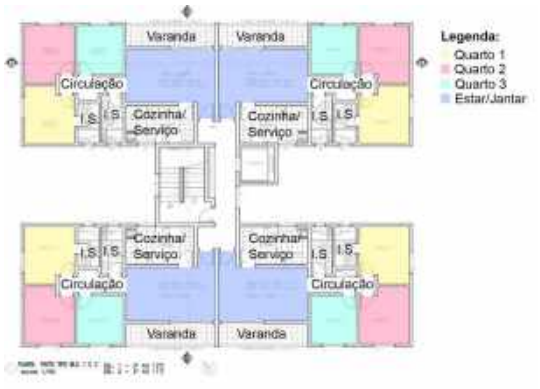


Figura 2 - Pavimento Tipo - Bloco 1 e 2

4. RESULTADOS

A seguir é apresentada a análise do empreendimento junto ao RTQ-R, a atualização do valor do empreendimento para 2019, as alterações propostas e os respectivos orçamentos e os resultados obtidos para custo e tempo de retorno das propostas.

4.1. Análise do empreendimento pelo RTQ-R

A análise do empreendimento foi feita seguindo a planilha de cálculo de desempenho da UH disponível no site do PBE Edifica. Cada planilha possibilita calcular uma UH, assim foram preenchidas planilhas para cada apartamento diferenciado.

Com relação ao pré-requisito geral, relativo à medição individualizada de energia e água, foi verificado que as edificações analisadas possuem medição individualizada de eletricidade, mas não possuem medição individualizada de água. Assim, as UHs poderiam obter no máximo o nível C.

No segundo momento foram feitos os cálculos da envoltória e dos pré-requisitos dos ambientes. Para calcular o equivalente numérico da envoltória (EqNumEnv), foram identificados os ambientes de permanência prolongada (APP): Quarto 1, Quarto 2, Quarto 3, Estar/Jantar e Estar (nas coberturas) e suas áreas úteis.

Verificou-se se as UHs que estão sobre pilotis ou se possuem cobertura voltada para o exterior. Nas UHs em que há cobertura voltada para o exterior foram encontrados dois tipos de fechamentos. Sobre o Estar, há um sistema de laje de concreto armado (10 cm de espessura), câmara de ar e telha de fibrocimento (cobertura 1). No terraço, há um piso elevado de placas de concreto pré-moldado (4 cm), câmara de ar (15 cm), argamassa de regularização (1,5 cm), manta de impermeabilização asfáltica (0,5 cm) e laje de concreto armado (10 cm) (cobertura 2). Baseado no Anexo V do RTQ-R e nos cálculos feitos, a Transmitância térmica (U) da cobertura 1 é 2,06 W/m²K e da cobertura 2 é 1,84 W/m²K. As capacidades térmicas (C_T) são 233 kJ/m²K e 359 kJ/m²K respectivamente. A absortância térmica considerada foi 0 (zero) pois o piso elevado recobre a cobertura, sendo essa considerada totalmente sombreada segundo o RTQ-R (BRASIL, 2012, p.26). As coberturas e suas características ser vistas na Figura 3 e na Figura 4.

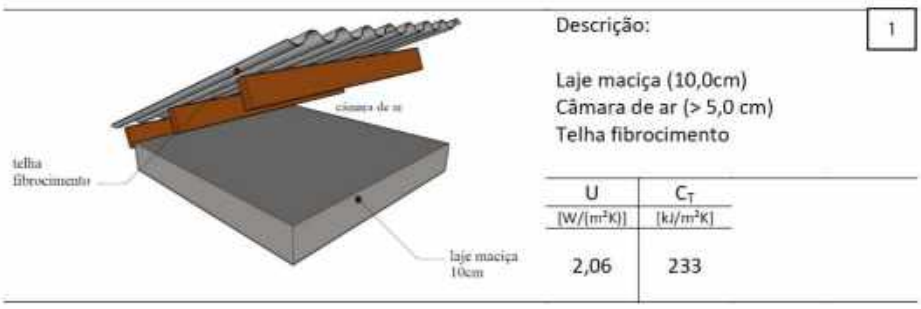


Figura 3 – Características da cobertura 1

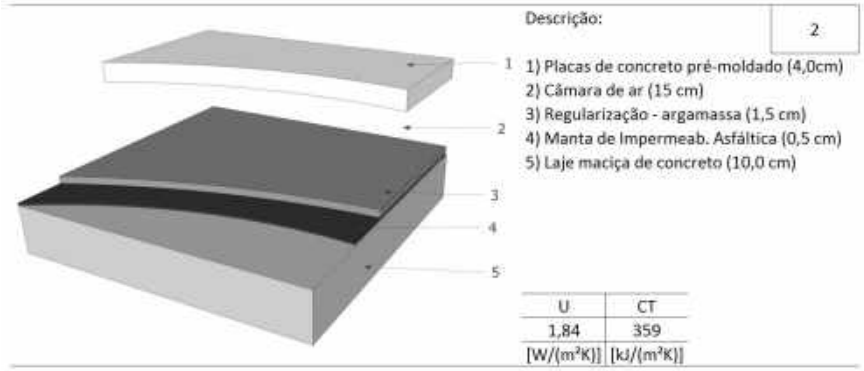


Figura 4 - Características da cobertura 2

As paredes externas das UHs são de alvenaria estrutural de bloco de concreto, dimensões 14x19x39cm. No lado externo, há 2,5 cm de argamassa. A pintura é texturizada nas cores Coral Dulux Branco Inspiração 30YY 83/012 – cor clara (tira 20 do catálogo novo da Coral) e Coral Dulux Pergaminho 40YY 70/138 – cor escura (tira 260 do catálogo novo da Coral). A transmitância térmica (U) é de 2,69 W/m²K e a capacidade térmica (C_T) é de 272 kJ/m²K. Para determinar as absortâncias, as tintas foram equiparadas a referências de cores da tabela de tintas do Anexo V do RTQ-R, a tinta Dulux 40YY 70/138 foi considerada a cor Areia ($\alpha = 0,45$) e a tinta Dulux 30YY 83/012 a cor Branco Gelo ($\alpha = 0,37$). Viu-se que, a partir destas absortâncias, as paredes atenderam ao pré-requisito do RTQ-R. A partir do 2° pavimento de ambos os prédios, a envoltória do Quarto 2 foi pintada com ambas as cores fazendo que a absortância média fosse considerada como 0,38 devido a ponderação da cor pela área. O mesmo aconteceu no Quarto 1 a partir do 4° pavimento, com absortância média $\alpha = 0,40$. Nas UHs de cobertura, as paredes externas do Estar/Jantar e do Estar foram pintadas com ambas as cores, assim a absortância média resultou em $\alpha = 0,40$ e $\alpha = 0,44$ respectivamente. Os apartamentos têm pé-direito de 2,60m nos APP, as paredes internas foram pintadas de branco (refletância de 90%).

Além das características construtivas, calcularam-se também as áreas de paredes externas de acordo com suas orientações (norte, sul, leste, oeste).

As esquadrias utilizadas no empreendimento são de alumínio e vidro comum, variando suas dimensões de acordo com o ambiente em que foram instaladas. As porcentagens de ventilação e iluminação natural podem ser vistas na Tabela 1. Todas as aberturas atendem aos percentuais mínimos de 12,5% da área do piso para iluminação e de 8% para ventilação.

Tabela1 – Porcentagens de Ventilação e Iluminação Natural

Abertura	Área de abertura (m^2)	% de abertura para Ventilação Natural	Área para Ventilação Natural (m^2)	% de abertura para Iluminação Natural	Área para Iluminação Natural (m^2)
J1	1,44	45	0,65	80	1,15
J2	0,36	80	0,29	80	0,29
J3	1,2	45	0,54	80	0,96
J5	2,88	40	1,15	70	2,02
P4	5,52	44	2,45	82	4,50
P6	3,68	49	1,81	83	3,06
P12	2,76	50	1,38	77	2,14

Somb é a variável que define a presença de proteção solar, variando de 0 a 1. Nenhuma das janelas possui dispositivos de sombreamento acoplado, tais como venezianas. No estar da cobertura não há venezianas nem sombreamento. No Estar/Jantar das demais UHs, a abertura é sombreada devido a geometria

da edificação e pela varanda do apartamento superior. Após os cálculos, verificou-se a presença de sombreamento no estar dos apartamentos tipo: final 1 – Sudoeste (somb = 0,16) e final 2 – Sudoeste (somb = 0,40) e coberturas final 1 – Sudoeste (somb = 0,38) e final 2 – Sudoeste (somb = 0,23).

O empreendimento não possui sistema de aquecimento de água instalado, assim para aquecer a água do banho o usuário fica restrito ao uso de chuveiros elétricos, que consomem grande quantidade de energia. A construtora aconselhou o uso de chuveiros elétricos com potência máxima de 4400 W (nível D). Contudo, nas regiões Sul e Sudeste, segundo o RTQ-R, um empreendimento que não entrega aquecimento de água recebe nível E em todas as UHs.

Analisou-se também a área comum do empreendimento, dividida em área comum de uso frequente e área comum de uso eventual. Na primeira constam os halls, garagens, elevadores, escadas e rampas de acesso. Foi analisada a iluminação artificial, ou seja, se o fluxo luminoso de cada lâmpada instalada está de acordo com os parâmetros definidos no RTQ-R e obteve-se nível B.

Após analisar os projetos hidráulico, elétrico e de incêndio, as bombas centrífugas foram classificadas como nível E, pois elas não foram encontradas na tabela de Eficiência Energética do Inmetro. Cada bloco possui um elevador com carga nominal de 600kg, ou seja, capacidade para 8 pessoas cada, classificados como nível B.

Na área comum de uso eventual, há um salão de festas, gourmet/guarita e banheiros do salão de festas. A iluminação artificial obteve nível B, e os equipamentos representados pela geladeira, pelo depurador de água e pelo fogão, nível A. A máquina da sauna instalada pela construtora é elétrica, assim recebeu nível E.

4.2. Orçamento do empreendimento

A previsão do custo total do empreendimento, segundo a planilha orçamentaria disponibilizada pela Construtora, desconsiderando o custo de construção da parte comercial (lojas), foi de R$ 11.878.992,14. Contudo, esse orçamento foi feito em outubro de 2014, assim para se ter um valor atual, ele foi corrigido pelo Índice Nacional de Custo da Construção – INCC, passando a R$ 13.595.747,10 em 2019.

4.3. Alterações propostas e Orçamentos

Com o objetivo de alcançar o nível A, ou seja, PT a partir de 4,5, foram propostas as seguintes melhorias para as UHs: para Envoltória e Pré-requisitos dos ambientes: substituição das esquadrias para os quartos com colocação de venezianas, substituição da tinta branco inspiração ($\alpha = 0,37$) da fachada por branco ($\alpha = 0,15$) e substituição da telha de fibrocimento ($\alpha = 0,70$) por uma telha térmica de fibrocimento ($\alpha = 0,27$) para UH de cobertura. Para os pré-requisitos da UH foi proposta a implantação de medição individualizada de água. Para o quesito de bonificações, foi proposta a colocação de chuveiros com restritores de vazão, torneiras com arejadores de vazão constante e captação de água da chuva para uso em descargas e a entrega de iluminação artificial e de refrigeradores. Para o sistema de aquecimento de água, propôs-se a instalação de aquecimento solar com *backup* a gás.

Nas áreas comuns, foram propostas as seguintes modificações: substituição das bombas centrífugas por outras que estejam nas tabelas do Inmetro, substituição da sauna elétrica por sauna a gás, colocação de dispositivos para economia de água.

4.4. Nível de Eficiência do projeto original e do projeto modificado

As tabelas 2 e 3 relativas ao Bloco 1 e ao Bloco apresentam a pontuação, a classificação das unidades habitacionais e a ponderação final das notas pela área útil resultando na classificação da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) para Edificação Multifamiliar.

Tabela 2 – Resultado para ENCE Multifamiliar - Bloco 1

BLOCO 1					
Números UHs	**Pontuação (PT_{UH})**	**Classificação**	**Área útil (m^2)**	**ENCE multi**	
21	2,88	C	57,42	**2,9**	**C**
2	2,90	C	57,42		
2	2,94	C	57,42		
10	2,99	C	57,42		
2	3,02	C	57,42		
9	3,11	C	57,42		
1	2,33	D	79,71		
3	2,42	D	79,71		

Tabela 3 – Resultado para ENCE Multifamiliar - Bloco 2

BLOCO 2					
Números UHs	**Pontuação (PT$_{UH}$)**	**Classificação**	**Área útil (m²)**	**ENCE multi**	
20	2,82	C	57,42		
20	2,96	C	57,42		
3	2,99	C	63,87		
1	3,14	C	63,87	**3,1**	**C**
2	2,35	D	79,71		
1	2,42	D	79,71		
1	2,33	D	79,71		

O número de unidades em cada classificação é mostrado nas Figuras 5 e 6, para os Blocos 1 e 2.



Figura 5 - ENCE Edificação Multifamilar - Bloco 1



Figura 6 - ENCE Edificação Multifamilar - Bloco 2



Figura 7 - ENCE Áreas de Uso Comum

Feitos os cálculos, o nível de eficiência energética da área de uso comum é PT_{AC} = 3,1, ou seja, Nível C (Figura 7).

As alterações propostas para melhoria da classificação das UHs são listadas na Tabela 4 com o custo do sistema original (quando for o caso) e o custo da alteração proposta. Esta tabela traz ainda a diferença de custo total da obra com e sem as modificações propostas.

Tabela 4 – Alterações propostas e variação do custo com a aplicação das melhorias

Melhorias	**Ações**	**Custo Projeto original**	**Custo Projeto modificado**	**Acréscimo de custo**
Melhoria 1	Esquadrias J1 para os quartos	R$ 133.476,00	R$ 268.113,30	R$ 134.637,30
Melhoria 2	Colocação de venezianas			
Melhoria 3	Pintura mais clara na fachada	Sem acréscimo		R$ 0,00
Melhoria 4	Substituição da telha de fibrocimento comum por telha branca	R$ 6.048,90	R$ 7.035,90	R$ 987,00
Melhoria 5	Medição individualizada de água quente	R$ 130.000,00	R$ 165.000,00	R$ 35.000,00
Melhoria 6 a/b	Chuveiros com restritores de vazão e torneiras com arejadores de vazão constante			R$ 8.139,66
Melhoria 6 c	Captação da água da chuva e uso em descargas			R$ 48.173,43
Melhoria 7	Entrega de Iluminação artificial			R$ 21.068,80
Melhoria 8	Entrega de Refrigeradores			R$ 72.480,00
Melhoria 9	Aquecimento solar com *backup* a gás			R$ 274.999,48
	CUSTO TOTAL DA OBRA	**R$ 13.595.747,10**	**R$14.191.232,77**	**R$595.485,67**
	PORCENTAGEM DE AUMENTO NO CUSTO DA OBRA			**4,38%**

Com a aplicação das alterações propostas, as UHs do primeiro pavimento e as intermediárias atingiram nível A e as UHs da cobertura, nível B. O resultado para ambas as edificações multifamiliares foi nível A, já contabilizando o valor das bonificações (Tabela e Tabela). As modificações propostas implicariam em um aumento de 4,38% no custo total da obra, sendo que o custo rateado para cada UH teria um aumento de aproximadamente R$6.000,00.

Nota-se que há 20 UHs com pontuação final PTUH = 4,45, valor que para a classificação final deve ser arrendado, resultando e, 4,5, nível A.

Tabela 5 - Resultado para ENCE Multifamiliar - Bloco 1 – Projeto Modificado

BLOCO 1					
Números UHs	Pontuação (PTUH)	Classif.	Área útil (m²)	ENCE multi	
21	4,55	A	57,42	**4,7**	**A**
2	4,58	A	57,42		
2	4,65	A	57,42		
10	4,67	A	57,42		
2	4,78	A	57,42		
9	4,92	A	57,42		
1	4,01	B	79,71		
3	4,17	B	79,71		

Tabela 6 - Resultado para ENCE Multifamiliar - Bloco 2 – Projeto Modificado

BLOCO 2					
Números UHs	Pontuação (PTUH)	Classif.	Área útil (m²)	ENCE multi	
20	4,45	A	57,42	**5,0**	**A**
20	4,68	A	57,42		
3	4,73	A	63,87		
1	4,97	A	63,87		
2	4,05	B	79,71		
1	4,17	B	79,71		
1	4,01	B	79,71		

4.5. Tempo de Retorno do Investimento

Para se calcular o tempo de retorno do investimento com a instalação do sistema de aquecimento solar com *backup* a gás, foi usado como base o consumo de chuveiro elétrico de 4400W, com 4 pessoas por UH, tomando um banho de 10 min por dia cada, durante 30 dias. A tarifa usada para a estimativa foi a da CEMIG para residências na bandeira verde, ou seja, R$ 0,90/kWh. Em contraponto, foi calculado o consumo de 6 aquecedores a gás de 24,3 kW cada (vazão de 15L/min cada e consumo máximo de gás de 2,17m^3/hora cada) com a mesma demanda, funcionando 43% do tempo, o restante seria suprido pelo aquecimento solar. A inflação considerada foi de 7% ao ano. Assim, o tempo de retorno do investimento foi de aproximadamente 4 anos. Os valores obtidos podem ser vistos na Tabela 7.

Tabela 7 - Economia com melhoria com sistema de aquecimento de água solar

Projeto Atual		
Sistema		Chuveiro elétrico 4400W
Tarifa (R$/kWh)	R$	0,90000
Tempo de banho por UH	10 min x 4 pessoas = 40 min = 0,67h	
Dias de consumo por mês (dias)		30
Consumo (KW) = Potência (w) x tempo (h) / 1000		88,44
Consumo em R$ = Consumo KWh/Mês x Tarifa	R$	79,60
Gasto Total (R$) - 98 UHs	**R$**	**7.800,41**
Projeto Modificado		
Sistema		6 Aquecedor de 24,3kW - 15L/min e 2,17 m3/hora
Tarifa fixa com impostos	R$	55,59
Tarifa (R$/m3)	R$	4,171206
Consumo de água por dia (Litros)		36.400
Dias de consumo por mês (dias)		30
Volume de consumo em um mês (43%)		377,3852
Gasto Total (R$) - 98 UHs	**R$**	**1.629,74**

Economia Total (R$) - 98 UHs	**R$**	**6.170,67**

Tempo de Retorno do Investimento = $\frac{\text{R\$ } 274.999{,}48}{\frac{\text{R\$ } 6.170{,}67}{1{,}07}}$ = 47,69 meses OU aprox. 4 anos

O tempo de retorno do investimento para implantação do sistema de captação de água pluvial e dos acessórios economizadores de água em torneiras e chuveiros foi de 4 meses como pode ser visto na tabela 8 e equação abaixo.

Tabela 8 - Economia com melhoria com captação de água pluvial e acessórios economizadores de água

Projeto	Projeto Original	Projeto Modificado
Sistema	Consumo de água com bacias sanitárias com duplo acionamento + Irrigação	Consumo de água com Captação de água pluvial e acessórios economizadores de água (arejadores e restritores de vazão) e bacias sanitárias com duplo acionamento + Irrigação
Consumo anual de água potável (m³)	17.472,38	9.313,37
Consumo MENSAL de água potável (m³)	1.456,03	776,11
Economia por UH (m³)		6,94
Economia Total (m³) - 98 UHs		679,92
Gasto mensal (R$)	**R$ 32.888,28**	**R$ 17.314,03**
Economia Total por mês(m³) - 98 UHs		**R$ 15.574.25**

Tempo de Retorno do Investimento = $\frac{R\$48.173{,}43+8.139{,}66}{\frac{R\$\ 15.574{,}25}{1{,}07}}$ = 3,87 meses OU aprox. 4 meses

5. CONCLUSÕES

A construção consciente visando a ampliação da eficiência energética é de extrema importância para a construção civil brasileira. Atualmente, há também regulamentos e leis que guiam esse processo, um deles é o Regulamento Técnico da Qualidade para Edificações Residenciais, que foi utilizado neste trabalho. Com o crescente consumo de energia elétrica, há a necessidade da busca por alternativas para garantir a segurança no abastecimento.

Analisando o estudo de caso, concluiu-se que o investimento em eficiência energética gerou um aumento de 4,38% no custo total da obra. Custo que se divido pelas 98 UHs, seria repassado para cada unidade o valor de R$ 6.000,00 aproximadamente, representando um aumento de 2,04% no valor do metro quadrado. Visto que, na maioria das vezes, o imóvel adquirido será a moradia de uma família por um longo prazo, a economia energética gerada compensa o maior investimento inicial. Neste estudo não foi considerado o custo de eventual consultoria ou do Organismo de Inspeção Acreditado para a emissão das etiquetas de cada UH, das áreas de uso comum e da edificação como um todo.

Constatou-se também que a aplicação de medidas de eficiência energética deve ser feita desde a concepção do projeto, em conjunto com todos os projetistas o que possibilita chegar-se a resultados mais satisfatórios. Neste estudo de caso, como os projetos arquitetônicos e de instalações já estavam prontos, foram encontradas limitações de espaço, como por exemplo, para a colocação dos reservatórios para reuso de água. Sendo bem dimensionada, a economia de água é bastante significativa. Neste estudo de caso, o investimento em um sistema de captação e reuso de água pluvial e a utilização de equipamentos economizadores de água, que após as modificações propostas, tiveram retorno financeiro em 4 meses, período considerado pouco significativo se levada em conta a vida útil da edificação.

Ressalta-se a importância de o dimensionamento do sistema de aquecimento de água ser feito em conjunto com um projetista para que este atenda as exigências do RTQ-R e seja economicamente viável. A locação dos equipamentos de aquecimento solar é de fundamental importância para a garantia de eficiência do sistema e deve ser estudada de forma conjunta pelo engenheiro mecânico e pelo arquiteto. A colocação posterior à concepção do projeto, pode proporcionar um rendimento insatisfatório do sistema, necessitando assim do uso de sistema de *backup* elétrico ou a gás por mais tempo.

A construtora, ao não instalar o sistema de aquecimento de água, limita o proprietário do imóvel a utilização de chuveiro elétrico. Uma opção para reduzir seu investimento é entregar somente a infraestrutura, para posterior colocação pelos moradores de sistemas de aquecimento de água solar ou a gás. Belo

Horizonte, devido a sua localização geográfica, é favorecida em relação à disponibilidade de radiação solar, assim deve-se usufruir desse benefício. Como pode ser visto nesse trabalho o investimento em sistema de aquecimento solar de água com *backup* a gás se paga em 4 anos, sendo que se o sistema houvesse sido projetado deste a concepção do projeto, a eficiência do sistema seria maior e o tempo de retorno poderia ser reduzido.

Uma constatação após a realização deste trabalho é de que é fundamental as bombas centrífugas sejam classificadas pelo Inmetro, o que de certa forma limita a utilização de bombas não presentes na listagem do INMETRO. Seria interessante se houvesse outra maneira de classificar as bombas não consideradas pelo Inmetro, pois a fim de alcançar pontuação no RTQ-R, a Construtora se vê, por vezes, obrigada a escolher uma bomba classificada e não uma bomba que melhor atendesse às condições da edificação.

Considera-se que é essencial é a contratação de profissionais capacitados para a aplicação do RTQ-R, pois é necessário conhecimento em diversas áreas, e constante atualização em relação a portarias complementares e notas técnicas.

Portanto, ao final deste estudo pode-se constatar que não foram necessárias modificações significativas para o empreendimento edificação ser considerado mais energeticamente eficiente segundo o RTQ-R. Contudo, considera-se como principal limitador a falta de acesso à informação de especialistas do ramo da construção civil e dos consumidores quanto a importância da aplicação dessas medidas e de seus custos e tempo de retorno. Assim, primeiramente, se faz necessário que haja uma mudança de mentalidade quanto a preservação do meio ambiente e a economia financeira a longo prazo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. Empresa de Pesquisa Energética. *Balanço Energético Nacional 2018: Ano base 2017* / Empresa de Pesquisa Energética. – Rio de Janeiro: EPE, 2018.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia-INMETRO. *Anexo I do RTQ-R*: Dispositivos de Proteção Solar em edificações residenciais. Rio de Janeiro. [20-]. Disponível em: < http://www.pbeedifica.com.br/etiquetagem/residencial/planilhas-catalogos>. Acesso em: 05 mai.2016.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia-INMETRO. *Portaria n.º 372, de 17 de setembro de 2010*: Regulamento Técnico da Qualidade para Nível de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas, com alterações das portarias: nº 17 de 2012 e nº 299 de 2013. Rio de Janeiro, 2013.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia-INMETRO. *Portaria n.º 18, de 16 de janeiro de 2012*: Regulamento Técnico da Qualidade para Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais. Rio de Janeiro, 2012.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Consultoria Jurídica. *Decreto nº4.059, de 19 de dezembro de 2001*.

BRASIL. Presidência da República. Casa Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos. Lei nº10.295, de 17 de outubro de 2001,a.

CALCULADOR. *Correção de valor por índice*. Disponível em: < http://www.calculador.com.br/calculo/correcao-valor-por-indice>. Acesso em: 17 dez. 2016

CARLO, J. C.; LAMBERTS, R. *Parâmetros e métodos adotados no regulamento de etiquetagem da eficiência energética de edifícios – parte 1:* método prescritivo. TOPOS: Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 10, n. 2, p. 7-26, abr./jun. 2010.

GELLER, H. S.. *Revolução Energética: Políticas para um Futuro Sustentável.* Rio de Janeiro: Relume Dumará, 2003.

GITMAN, L. J. *Princípios de Administração Financeira.* 8ª edição. São Paulo: Harbra, 2002.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: < http://www.ibge.gov.br/>. Acessado em janeiro de 2019.

IWARO, J., MWASHA, A., *A review of building energy regulation and policy for energy conservation in developing countries.* Energy Policy, v.38. n.12, pp 7744-7755, 2010.

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

PBE EDIFICA. Planilhas e Catálogos. Planilha de cálculo do desempenho da UH. Disponível em: < http://www.pbeedifica.com.br/etiquetagem/residencial/planilhas-catalogos>. Acesso em: 03 mar. 2016.

PIRES, J. R.; GONZÁLEZ. M. A. S.; ROOS, L. S.; BRENNER, B. L.; KERN, A. P., *Investigação da viabilidade da redução do consumo de energia elétrica em edificações residenciais verticais através de soluções de conforto ambiental passivo - Bento Gonçalves/RS,* XIV Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, Juiz de Fora, 2012.

ZAIN, J. V. D, CARVALHO, C. R., Estudo de estimativa de custo para a obtenção da Etiqueta PBE Edifica em um empreendimento residencial multifamiliar na cidade de Balneário Camboriú-SC, XIV Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído e X Encontro Latino-Americano de Conforto no Ambiente Construído, Balneário Camboriú, 2017.