ARQUITETURA COLONIAL SOB A ÓTICA DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA: O CASO DO MUSEU REGIONAL DE CAETÉ[1]

FELICIO, R. A., Instituto Brasileiro de Museus, email: rafaela_felicio@yahoo.com.br; GABRIEL, H. R., Universidade Federal de Santa Maria, email: helena.reginato@gmail.com; GRIGOLETTI, G. de C., Universidade Federal de Santa Maria, email: giane.c.grigoletti@ufsm.br

ABSTRACT

This work presents the evaluation of energy efficiency of the Regional Museum of Caeté, a Brazilian historic heritage built in Minas Gerais. Energy evaluation was carried through the application of RTQ-C, Brazilian regulation for energy efficiency of public, offices buildings, using the simulation method with Design Builder software. A bibliographic review and in situ inventories were carried out in order to describe the building system of Caeté Regional Museum, according to its historical technology and constructive techniques. In order to evaluate the energy efficiency through the simulation, the parameters for the configuration of the real model and reference model were analyzed according to the building envelop and artificial light sources. The museum reach the level B for overall classification, since is natural ventilated. For the envelope, the museum reach level E, and level C for artificial light sources. The envelope presents potential for improvement considering the window frames that are formed only by opaque shutters, resulting in opened windows during the workday. Providing better thermal insulation of roof and attach window glass panels, the level became level A for envelope and artificial light sources.

***Keywords**: Historic heritage. Energy efficiency. Evaluation.*

1 INTRODUÇÃO

Uma das formas de preservar o patrimônio edificado é manter seu uso ao longo do tempo. Isso implica sua adequação a novas necessidades da sociedade, dentre elas, quesitos como conforto dos usuários e eficiência energética. Por outro lado, edifícios históricos possuem um desempenho termoenergético muitas vezes melhor do que soluções atuais, em virtude de que as sociedades que os desenvolveram não puderam contar com tecnologia para fins de climatização. Esse desempenho se deve ao uso de paredes com alta resistência térmica (espessura e uso do adobe, da taipa e da pedra), grande pé-direito, uso de bandeiras em portas e janelas, piso elevado com porão, a varanda e o alpendre, dentre outras soluções que contribuíam para o conforto dos usuários (BRANDÃO, 2012; KLÜPPEL, 2009).

Segundo Gonçalves (2015), melhorias em coberturas, fachadas e vãos de edifícios históricos podem trazer ganhos consideráveis para a sua eficiência energética. Porém, o sucesso da intervenção depende do diagnóstico das deficiências e na escolha correta das medidas corretivas e é importante considerar a singularidade de cada caso. Essa abordagem permitirá atingir o objetivo com a mínima alteração das características culturais do bem a ser preservado. Gonçalves (2015), para o contexto português, apresenta estudos

[1] FELICIO, R.A., GABRIEL, H.R., GRIGOLETTI, G.deC. Arquitetura colonial sob a ótica da eficiência energética: o caso do Museu Regional de Caeté. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 17., 2018, Foz do Iguaçu. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2018

de caso de boas práticas na reabilitação energética, apontando soluções para uma melhor eficiência energética de edificações construídas com técnicas anteriores ao concreto armado (estrutura independente).

Craveiro (2008) fez uma análise em relação à aplicação do regulamento para eficiência energética, usado em Portugal, na reabilitação de edificações históricas da cidade do Porto. O autor estudou várias configurações de modificações que levavam ao atendimento e a superação deste pelas edificações estudadas. Dentre as soluções para adequar a eficiência, destaca-se a necessidade de incorporar dispositivos nas janelas para oclusão noturna (diminuindo perdas térmicas a noite) e o isolamento térmico do envelope da edificação.

As intervenções no patrimônio edificado são inevitáveis ao longo do tempo. Cabe que estas intervenções, melhorando sua eficiência energética e o conforto ambiental dos usuários, respeite suas características culturais, como sua tipologia, seu sistema construtivo, sua forma e estética, daí a maior complexidade nas soluções a serem empregadas comparando-se com a reabilitação de edificações contemporâneas (LIMA, 2012).

Neste trabalho, busca-se a conservação de energia e a preservação de edifícios históricos tomando como caso o Museu Regional do Caeté (MRC) através da aplicação do RTQ-C (BRASIL, 2010). A aplicação dessa metodologia para o MRC pode ser utilizada na conscientização sobre o tema, se tratando de edificação histórica e, portanto, não sendo obrigatória sua etiquetagem, e na difusão quanto à eficiência energética da tipologia colonial analisada.

O objetivo do trabalho foi avaliar a eficiência energética do MRC, edifício de tipologia arquitetônica colonial mineira do final do século XVIII, por meio do RTQ-C, com uso atual como museu, preservado por seu valor histórico, artístico, arquitetônico e cultural.

3 METODOLOGIA

3.1 Museu Regional de Caeté

O MRC, localizado na cidade de Caeté (Figura 1), é um sobrado em estilo colonial com área de 460m² do final do século XVIII que teve seu uso como museu iniciado em 1979. Está localizada na Zona Bioclimática 3 (ABNT, 2005). O edifício representa uma tipologia bastante recorrente no período colonial.

Figura 1 – Fachadas do MRC



Fonte: Barbosa (2012)

De uso residencial quando construído, possui dois pavimentos acima do nível da rua e um subsolo na parte posterior, resultado do desnível do terreno (Figura1). Em ambos os pavimentos, a ventilação natural cruzada e iluminação natural são favorecidas pelas diversas aberturas nas fachadas e nas divisões internas. O sistema construtivo é composto por fundações em pedra, estrutura em madeira, vedação externa em adobe e interna de pau a pique (Figura 2).

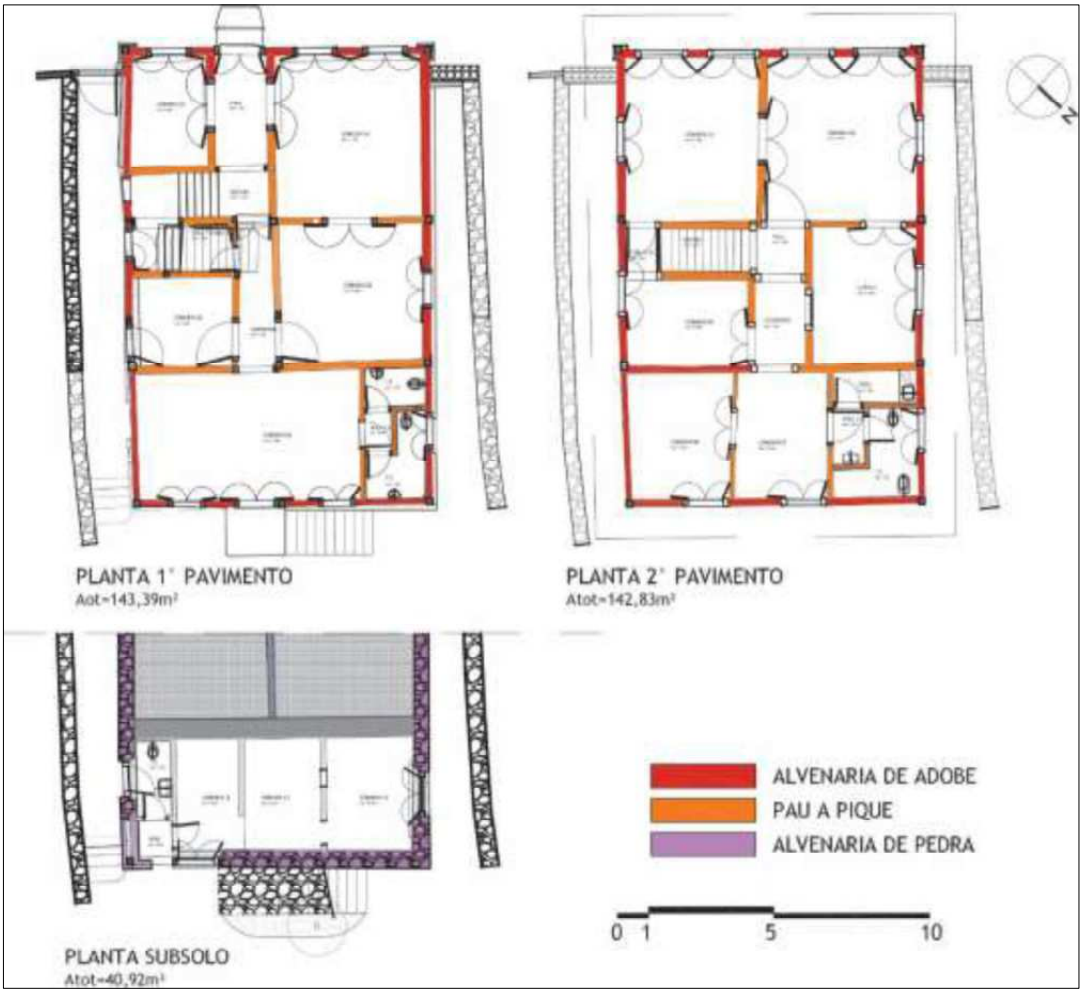
As espessas paredes externas da edificação, principalmente no subsolo e no 1° pavimento, auxiliam na inércia térmica. As trocas térmicas mais significativas acontecem pelas aberturas controladas pelos usuários. As esquadrias são em folhas cegas de madeira com abertura em giro. No subsolo e parte do 1° pavimento, o forro é em esteira de taquara, no restante, é em tábuas de madeira. O telhado é composto por estrutura em madeira e telha de barro tipo capa e canal. Os pisos também são em madeira. O programa utilizado na avaliação foi o Design Builder V5.0.3.007 (DESIGNBUILDER SOFTWARE LTD, 2017). Foram usados os valores do próprio programa Design Builder para a simulação. Para as paredes em adobe, material que não está no banco de dados do programa, usou-se um valor que mais se aproximou de condutividade térmica do material conforme Meneses et al. (2011). A Tabela 1 apresenta os dados finais dos sistemas construtivos.

Tabela 1 – Transmitância térmica dos sistemas

Sistema de vedação	**Paredes em pedra**	**Paredes em adobe**		**Pisos/Forro**		**Telhas cerâmicas**
Espessuras	58cm	32cm	25cm	Térreo	Pavtos	
U W/(m².K)	2,37	1,85	2,15	4,73	1,70	2,02

Fonte: Design Builder Software Ltd (2017)

Figura 2 – Plantas baixas do MRC



Fonte: Impacto Construtura (2014)

3.2 Avaliação de desempenho energético

A etiquetagem de edifícios deve ser realizada por simulação para edifícios ventilados naturalmente. Para a avaliação da edificação, são feitos modelos do edifício, sendo o modelo real e o modelo de referência com as características adaptadas ao nível pretendido (Tabela 2).

Para o cálculo do PAFT do modelo de referência usou-se Fator de Forma e Fator de Altura iguais ao do MRC.

É necessário determinar o Indicador de Consumo (IC), que servirá como parâmetro para avaliação comparativa da eficiência da envoltória. Para isso é utilizada uma equação indicada pelo RTQ-C para a Zona Bioclimática 3 (BRASIL, 2010). Aplicando a equação, são obtidos o limite máximo (ICmáxD) e mínimo (ICmin) do indicador de consumo para os níveis de eficiência de A a E. O limite máximo do ICmáxA para a classificação A é de 413,71, mostrando que valores acima deste farão com que a edificação mude para B. Adotou-se 25°C como *setpoint*. Isso significa que quando essa temperatura é atingida, as esquadrias são abertas, permitindo a ventilação dos ambientes durante o

horário de funcionamento do MRC.

Tabela 2 – Características dos modelos real e de referência

Característica do edifício	Modelo de Referência	Modelo Real
Geometria – dimensões; orientação; DCI e padrão de uso	Igual ao do edifício existente	Igual ao do edifício existente
Envoltória		Igual ao do edifício existente
PAFT	Calcular através do IC	
AVS e AHS	AVS=AHS=0	
Fator Solar	FS = 0,87	
Transmitância Térmica	Máx. p/ nível eficiência desejada	
Absortância Solar	Máx. p/ nível eficiência desejada	
Sistema de Iluminação	DPI Max. p/ nível eficiência desejada	Igual ao do edifício existente

Fonte: adaptado de CBEEE, 2016, p.191

Para a classificação do nível de eficiência geral se aplica uma equação específica (BRASIL, 2010). Essa equação é utilizada para obter a pontuação total (PT) de edifícios totalmente simulados que possuam apenas ventilação natural, caso do MRC.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O consumo anual total para o modelo real é de 8.662,47 kWh, maior que qualquer modelo de referência, conforme pode ser visto na Tabela 3.

Tabela 3 – Consumo de energia anual

	Consumo de energia (kWh)	Tempo em conforto (%horas/ano)
Modelo real	8.662,47	79,88%
Nível A	4.049,92	79,02%
Nível B	4.419,83	76,63%
Nível C	4.947,65	75,89%
Nível D	5.537,65	75,80%

Fonte: autores

Para o sistema de iluminação, o MRC atingiu o nível A para potência instalada, com 3.300W. Já em relação aos pré-requisitos específicos para o sistema de iluminação, a edificação alcança nível C. Todos os ambientes possuem controles de acionamento da iluminação localizados de forma visível e acessível, portanto, todos os ambientes avaliados atendem a esse pré-requisito. Quanto a Contribuição da Luz Natural, o acionamento das luminárias se dá por um único circuito, mesmo que o das luminárias localizadas no interior do ambiente, assim o pré-requisito não é atendido pelo edifício. O terceiro pré-requisito não se aplica a nenhum dos ambientes avaliados, pois nenhum desses possui mais de 250 m².

Em relação ao percentual de horas ocupadas em conforto (POC), foi usado como parâmetro o modelo adaptativo da norma ASHRAE Standard 55 (KNOP, 2012). Obteve-se classificação B, correspondendo a 79,88% das horas ocupadas em conforto, considerando as horas ocupadas das 10h às 17h, segunda a sábado. O período de maior desconforto pelo calor, se concentra nos meses de janeiro a março, e pelo frio, de junho a agosto.

Após a classificação da edificação segundo o RTQ-C, foi alcançado o nível E para a envoltória, nível C para o sistema de iluminação e, na classificação geral, nível B (equivalente numérico 3,84). Verificou-se que as aberturas e a cobertura foram os principais responsáveis pela classificação atingida. Os resultados obtidos vão ao encontro do que apontou Gonçalves (2015), com a cobertura e as esquadrias como pontos frágeis na eficiência energética de edificações históricas similares a estudada.

A intervenção em esquadrias de edifícios históricos deve ser a mínima possível, a fim de não descaracterizar a linguagem arquitetônica adotada, como salienta Gonçalves (2015). Indo ao encontro desse princípio, como medida corretiva, propõe-se acrescentar às esquadrias uma nova esquadria em perfil estreito de alumínio, com abertura em giro para dentro e lâmina de vidro monolítico, permitindo a iluminação natural e reduzindo consumo de energia para iluminação artificial, além de evitar ventilação indesejável no inverno.

Quanto à cobertura, a intervenção resolve-se de forma menos agressiva, pois, ao acrescentar-se camadas no ático, estas não influenciaram o aspecto visível tanto interna quanto externamente. A estratégia proposta é a inserção, acima do forro em madeira, de um isolamento em lã de rocha, diminuindo a sua transmitância térmica.

Quanto ao sistema de iluminação, como possível solução corretiva, sugere-se a divisão dos circuitos nas salas, permitindo o desligamento das luminárias que não sejam necessárias, quando da contribuição da luz natural e a instalação de sensores, permitindo seu desligamento automático, quando não for necessário seu uso.

As três medidas foram inseridas no modelo real da edificação e realizada nova simulação, obtendo-se o consumo anual de 3.176,32 kWh, valor menor que qualquer dos modelos de referência, levando a classe de eficiência energética nível A. É possível verificar a importância da solução das esquadrias e do isolamento da cobertura no desempenho energético do MRC.

Meneses et al. (2011) apontaram, para construções em paredes de adobe comuns em edifícios históricos de Portugal, a necessidade de melhorar a eficiência da envoltória adicionando isolamento térmico às paredes externas para algumas zonas climáticas daquele país. Verifica-se que, neste estudo de caso, esta alteração das paredes externas não foi necessária, em virtude do clima e das características térmicas desses fechamentos.

5 CONCLUSÕES

Após as propostas de medida corretivas a avaliação de eficiência energética pelo RTQ-C, através do método de simulação, definiu o Museu Regional de Caeté com a classe de eficiência energética nível A para a envoltória, nível A para o sistema de iluminação e na classificação geral, nível B.

Este estudo serve como uma referência para intervenções em edifícios históricos do período colonial brasileiro, visando uma melhor eficiência energética e conforto de seus usuários, demonstrando que, com pequenas alterações, é possível melhorar sua eficiência energética.

REFERÊNCIAS

ABNT ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS**. NBR 15220-3**: Desempenho Térmico de Edificações: Zoneamento Bioclimático Brasileiro e Diretrizes Construtivas para Habitações Unifamiliares de Interesse Social. Rio de Janeiro, 2005.

ALEXANDER, C. **Notes on the synthesis of form**. 9ed. reimp. Cambridge: Harvard University Press, 1977. 216 p.

BARBOSA, S. Acervo pessoal. **Fachada do Museu Regional de Caeté**. Fotografia, 2012.

BRANDÃO, Helena C. L. A real relação da varanda com o conforto ambiental na história da arquitetura doméstica brasileira. **Revista Tempo de Conquista**: história medieval e moderna, n.11, julho, 2012, 14 p. Disponível em: <http://revistatempodeconquista.com.br/RTC-11.php>. Acesso em: 13 jun. 2018.

BRASIL. Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e qualidade industrial. **Portaria n.º 372**, de 17 de setembro de 2010. Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos, Brasília, 2010. Disponivel em: <http://www.inmetro.gov.br/legislacao/rtac/pdf/RTAC001599.pdf>. Acesso em: 21 Jun 2017.

CBEEE. Centro Brasileiro de Eficiência Energética em Edificações. **Manual para aplicação do RTQ-C**. [S.l.]: UFSC/ELETROBRÁS, 2016.

CRAVEIRO, Francisco P. **Estudo das possibilidades de intervenção face ao RCCTE a reabilitação de edifícios na zona histórica do Porto e suas consequências na etiquetagem energética**. 2008. 65f. Relatório de Projecto Final (Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica) Universidade do Porto, Porto, 2008.

DESIGNBUILDER SOFTWARE LTD. **DesignBuilder**. Designbuilder, 2017. Disponivel em: <https://www.designbuilder.co.uk/>. Acesso em: 15 Mai 2017.

GONÇALVES, Marta A. L. Eficiência energética em edifícios históricos. 2015. 343f. Dissertação (Mestrado em Arquitectura) Universidade de Lisboa, Lisboa, 2015.

IMPACTO CONSTRUTORA. **Projeto de Restauração do Museu Regional de Caeté**. Instituto Brasileiro de Museus. Belo Horizonte, MG. 2014.

KLÜPPEL, Griselda P. **A casa e o clima**: (trans)formações da arquitetura habitacional no Brasil (século XVII **–** século XIX). 2009. 427f. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2009.

LIMA, Filipa; BRAGANÇA, L.; MATEUS, Ricardo. **Edifícios antigos**: reabilitação sustentável low cost. Universidade do Minho, Escola de Engenharia, C-TAC Comunicações e Conferências Nacionais. 2012. Disponível em: < https://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/21742>. Acesso em 13 jun. 2018.

MENESES et al. Comportamiento térmico de construções em alvenaria de adobe: ensaios experimentais sobre três células de teste à escala. In: CONSTRUCCIÓN COM TIERRA. TECNOLOGÍA Y ARQUITECTURA. CONGRESOS DE ARQUITECTURA DE TIERRA EM CUENCA DE CAMPOS 2010/2011. [online]. Valladolid: Cátedra Juan de Villanueva. Universidad de Valladolid. 2011. p. 151-164. Disponível em: <https://www5.uva.es/grupotierra/ publicaciones /digital/libro2011/2011_9788469481073_p151-164_meneses.pdf>. Acesso em 13 jun. 2018.