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

AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO ENERGÉTICO DE UMA EDIFICAÇÃO HISTÓRICA EM GOIÂNIA

Jessika Alves Vieira (1); Lizandra Veiga Silva (2); Pammila Japiassú (3)
(1) Graduanda em Engenharia Civil, jessikaalvesvieira@hotmail.com
(2) Graduanda em Engenharia Civil, veigalizandra@gmail.com
(3) Mestre, Doutoranda em Arquitetura e Urbanismo – UnB, Professora do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás – IFG, pammilajapiassu@gmail.com

RESUMO
A identidade cultural de um povo está intimamente ligada à arquitetura histórica do local e à história de vida dos habitantes daquela região. Quando se trata de questões energéticas, no Brasil, poucos estudos abordam a temática em edificações históricas. Neste sentido, este trabalho tem como foco o estudo de um edifício histórico da cidade de Goiânia, o Centro Cultural Marieta Telles Machado. O presente trabalho propôs avaliar o seu desempenho energético seguindo o método prescritivo disposto nos Requisitos Técnicos da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos – RTQ-C. Para tanto, foram realizadas análises documentais, inspeção visual e medições para obtenção de propriedades térmicas dos componentes construtivos com o uso de termofluxímetro e espectrômetro. A partir da análise de dados, foi possível fazer a classificação do nível de eficiência energética e identificar aspectos problemáticos da envoltória e dos sistemas de condicionamento de ar e iluminação. Essas análises podem auxiliar na escolha de estratégias de retrofit com enfoque na redução do consumo energético e melhoria do conforto ambiental.
Palavras-chave: desempenho energético, retrofit energético, edifício histórico, Centro Cultural Marieta Telles Machado, art déco.

ABSTRACT
The cultural identity of a people is closely linked to the historical architecture of the place and the life history of the inhabitants of that region. When it comes to energy issues, in Brazil, few studies address the theme in historical buildings. In this sense, this work focuses on the study of a historic building of the city of Goiânia, the Cultural Center Marieta Telles Machado. The present work proposed to evaluate its energy performance following the prescriptive method established in the Technical Requirements of the Quality for the Energy Efficiency Level of Commercial, Services and Public Buildings - RTQ-C. For this, documentary analysis, visual inspection and measurements were performed to obtain thermal properties of the building components with the use of thermofluximeter and spectrometer. From the data analysis it was possible to classify the energy efficiency level and identify problematic aspects of the envelope, and air conditioning and lighting systems. These analyzes may help in the selection of retrofit strategies focused on reducing energy consumption and improving environmental comfort.
Keywords: energy performance, energy retrofit, historic building, Cultural Center Marieta Telles Machado, art déco.

1. INTRODUÇÃO

Após 1970, com a crise do petróleo, muito se discute sobre a conservação de energia. A ideia de que os recursos naturais são limitados e de que realmente há necessidade de preservação, começaram a ser levadas com maior seriedade mundialmente. O acelerado crescimento populacional e o aquecimento econômico dos países em desenvolvimento também agravaram o consumo energético. No caso de edifícios existentes, diminuir o consumo energético sem comprometer o uso e o conforto ambiental é um desafio, ainda mais quando se trata de um edifício tombado em que o cuidado ao intervir é maior, visto a necessidade da preservação de valores históricos, artísticos e culturais.

No Brasil, o consumo de energia elétrica no ano de 2017 no setor residencial representou 21,5%, o comercial 14,4% e o público 6,9% e o industrial 31,8% (EPE, 2018). Grande parte do consumo energético em edifícios poderia ser diminuída se houvesse melhor aproveitamento da climatização e da iluminação natural. O desempenho energético de um edifício está diretamente relacionado com as características dos elementos que o envolvem e suas interações entre o meio exterior e interior. As cargas condicionadas pelo clima são dinâmicas e periódicas, uma vez que tendem a se repetir em ciclos temporais. Portanto, é importante o estudo do clima, das características do entorno, das características construtivas e arquitetônicas da edificação.

O Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edificações comerciais, de Serviços e Públicos – RTQ-C (BRASIL, 2010) trata sobre os métodos e os requisitos técnicos para a certificação em eficiência energética de edificações brasileiras. A exigência da obtenção da etiqueta A em eficiência energética para as edificações públicas federais, tornou-se obrigatória após publicação da IN 02 (BRASIL, 2014). No âmbito do uso da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE), "retrofit é qualquer reforma que altere os sistemas de iluminação, condicionamento de ar ou a envoltória da edificação" (BRASIL, 2014, p.1).

A preocupação com o desempenho energético envolve também os edifícios históricos. Contudo elas recebem tratamento diferenciado ou são excluídas das regulamentações de desempenho energético. Entretanto, não há razões para exclusão, pois sempre há medidas de melhorias de desempenho aplicáveis, mesmo não resultando em um retrofit completo (ECONOMIDOU, 2011). Barrientos (2004) destaca a importância do retrofit pelo seu potencial sustentável e por ser uma solução prática para que edifícios históricos se adequem aos novos padrões.

Segundo Appleton (2010), a reabilitação energética em edifícios históricos visa à sustentabilidade dessas construções. Esta se dá pela preservação de seus valores culturais e artísticos, pois fazem parte da história da cidade e são símbolos de desenvolvimento da população. Além disso, a opção de reabilitação do edifício reduz a geração de entulho ocasionado por demolições, bem como a necessidade de novas construções, que demandam consumo de materiais e tecnologias gerando impacto ao meio ambiente. Dessa forma, essa opção reflete em menores emissões de dióxido de carbono e menor consumo de energia. No caso de edifícios históricos a reabilitação energética deve utilizar materiais que visem à compatibilidade construtiva com o existente e à sustentabilidade.

Considerando a importância da eficiência energética em edificações históricas, o trabalho propõe um estudo nessa temática em um edifício que integra a lista de bens imóveis tombados de Goiânia, no setor Central, na Praça Cívica. Goiânia foi construída na década de 1930 para ser a nova capital do estado de Goiás. Dada sua importância histórica e cultural, o seu projeto urbanístico original e os principais edifícios da época da construção da cidade foram tombados, em 2003, pelo Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN) visando à sua preservação. Os primeiros edifícios públicos possuem traços do estilo art déco, o que conferiu elegância e modernidade para a capital.

2. OBJETIVOS

A pesquisa tem como objetivo avaliar o desempenho energético de uma edificação histórica em Goiânia visando propor estratégias de intervenção que visem à eficiência energética.

3. MÉTODO

O trabalho proposto trata-se de uma pesquisa exploratória, que envolveu levantamentos bibliográfico e documental, entrevistas não estruturadas e estudo de caso. O fluxograma apresentado na Figura 1 sintetiza as etapas dos processos que constituíram a pesquisa.

Iniciando a pesquisa, foi realizada a definição do Centro Cultural Marieta Telles Machado como objeto de estudo. Assim que foi concedida a autorização do responsável pelo edifício, realizou-se a análise documental e investigação histórica do mesmo. Nessa fase, foi consultado o acervo documental do Iphan da

Superintendência Regional de Goiás sobre o edifício e o projeto arquitetônico do mesmo foi disponibilizado pela Superintendência da Preservação de Patrimônio Cultural do Estado de Goiás.

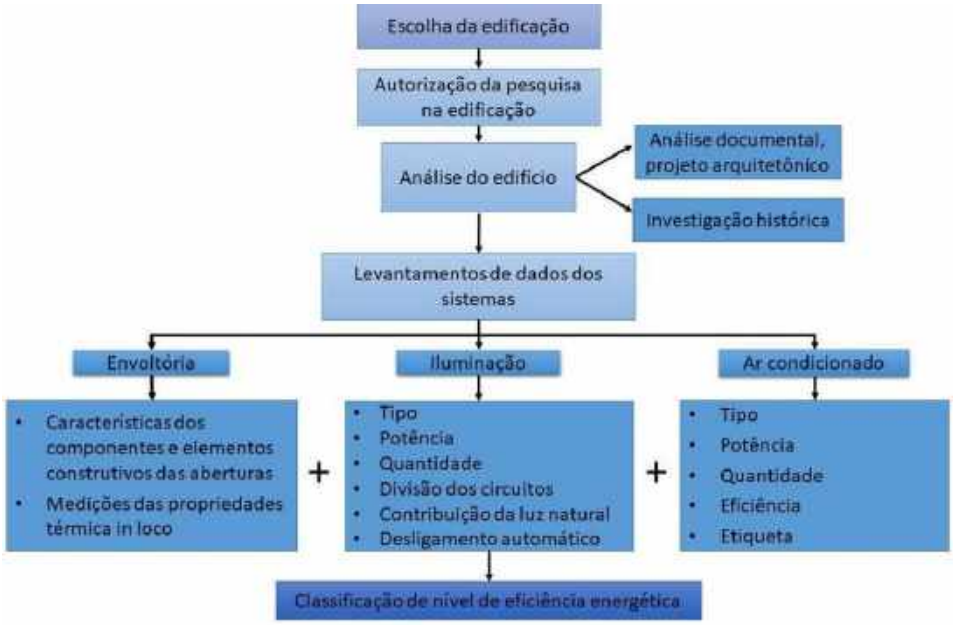


Figura 1 – Fluxograma das etapas da pesquisa.

Para análise da envoltória foram levantados dados da edificação por meio do projeto arquitetônico e de visitas in situ, onde foi realizado o registro fotográfico, medições dimensionais dos elementos e componentes construtivos. Além disso, foram realizadas medições das propriedades térmicas da envoltória, que consistiram em determinar os valores da absortância térmica com uso do espectrômetro e transmitância térmica com o uso do termofluxímetro e datalogger, respectivamente. Aliado ao uso desses equipamentos, foi ainda utilizada a câmera termográfica modelo FLIR E40 da série Exx para observação da superfície da parede. Foi escolhido um ambiente de maior incidência solar do edifício para as realizações das medições das propriedades térmicas, a parede da biblioteca do pavimento superior da fachada Oeste (Figura 2).

Para a obtenção da transmitância térmica foi utilizado o método da ISO 9869 (2014), que propõe o uso do termofluxímetro para mensurar in situ o fluxo de calor que passa através de um elemento construtivo. A transmitância térmica é calculada pela relação do fluxo de calor pela diferença entre as temperaturas (interna e externa, respectivamente), como apresentado na Equação 1.

$$U = \frac{q}{(Ti - Te)} \qquad \text{Equação 1}$$

Onde:
U é a transmitância térmica [W/m²K];
q é o fluxo de calor [W/m²];
Ti é a temperatura interna [°C ou K];
Te é a temperatura externa [°C ou K].

O modelo do termofluxímetro utilizado foi o HFP 01, que possui diâmetro de 80 mm e 5 mm de espessura. A programação e descarga do aparelho é feita por uma entrada USB com auxílio de um computador (HUKSEFLUX, 2018).

Foi usado também o datalogger modelo HT-500 (INSTRUTHERM, 2018), para monitoramento e coleta de dados da temperatura do ambiente interno e umidade relativa.

Quanto aos dados das temperaturas externas, foram utilizados os da estação meteorológica Goiânia 2 disponíveis no site do Sistema de Meteorologia e Hidrologia do Estado de Goiás – SIMEHGO (2018).

Conforme estabelecido na ISO 9869 (2014), o período de medição deve contemplar no mínimo 72 horas. Foram realizadas as medições na superfície interna da parede da fachada Oeste na biblioteca, durante cinco dias corridos, de 04 a 09 de outubro de 2018.

A placa do termofluxímetro foi fixada por meio de uma fita dupla face em cima de uma fita adesiva colada na superfície interna da parede com objetivo de não danificar a pintura quando fosse retirado o equipamento. O termofluxímetro foi fixado em região de temperatura homogênea da parede (Figuras 3), e

ligado ao datalogger, que, por sua vez, foi conectado ao computador, conforme ilustrado na Figura 4.



Figura 2 – Em vermelho, região da fachada Oeste escolhida para realização do ensaio de transmitância térmica.

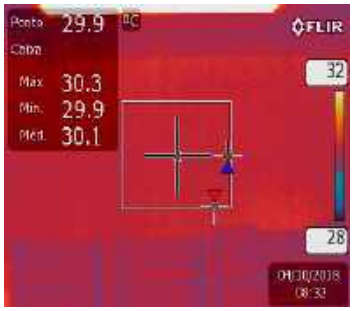


Figura 3 – Imagem térmica da superfície interna da parede da biblioteca.



Figura 4 – Localização dos equipamentos para obtenção da transmitância térmica.

Quanto à obtenção do valor da absortância térmica, foi utilizado o equipamento ALTA II, um espectrômetro de baixo custo que mede as refletâncias espectrais correspondentes a radiações em onze diferentes comprimentos de onda sendo esses definidos em sete cores visíveis e quatro invisíveis de luz infravermelha, entre 470 nm e 940 nm (VERNIER, 2018).

Segundo o Centro Brasileiro de Eficiência Energética em Edificações (CB3E, 2015), os procedimentos para utilização do espectrômetro ALTA II consistem em colocar o equipamento ligado sobre uma amostra de referência para obtenção do valor da voltagem do fundo e, em seguida, medem-se as voltagens para todos os comprimentos de onda. Depois são realizadas as medições nas amostras escolhidas, faz-se a leitura da voltagem de fundo e mensuram-se as voltagens para cada comprimento de onda.

Foram determinadas as seguintes amostras que fazem parte da envoltória da biblioteca para análise: pintura das paredes interna (branca e cinza) e externa (bege), esquadria de madeira pintada de cinza e esquadria de alumínio. Em relação à amostra de referência, conforme proposto por Dornelles e Roriz (2007), foi utilizado uma folha de papel branco sulfite de 75 g/m².

As refletâncias espectrais das amostras analisadas foram calculadas através da Equação 2. Para todas as voltagens obtidas pelo ALTA II em cada amostra foram realizadas 3 medições, após foi feito uma média simples para a determinação do valor.

$$\rho\lambda,amostra = \rho\lambda,ref \quad x \quad \frac{V\lambda,amostra - Vf,amostra}{V\lambda,ref - Vf,ref} \qquad \text{Equação 2}$$

Onde:
ρλ,amostra é a refletância da amostra de cada comprimento de onda [%];
Vλ,amostra é a voltagem da amostra de cada comprimento de onda [mV];
Vf,amostra é a voltagem de fundo da amostra [mV];
Vλ,ref é a voltagem da amostra de referência de cada comprimento de onda [mV];
Vf,ref é a voltagem de fundo da amostra de referência [mV];
ρλ,ref é a refletância da amostra de referência de cada comprimento de onda [%].

A partir da obtenção da refletância, é possível obter a absortância térmica, pois "em corpos opacos, a soma da absortância com a refletância é igual à unidade, fato que permite determinar qualquer uma dessas propriedades a partir da outra" (DORNELLES, RORIZ, 2007, p.2).

Em relação ao sistema de iluminação e condicionamento de ar, foram feitos levantamentos in situ de aspectos quantitativos e qualitativos que impactam no consumo energético, tais como, tipo e quantidade de equipamento, potência. Tais características foram importantes para a obtenção do nível de eficiência energética do edifício, juntamente com as características da envoltória.

A partir do levantamento documental e das medições realizadas in situ, foi possível analisar diversos requisitos, calcular os índices necessários para avaliação de eficiência energética do edifício e seus sistemas de acordo com o método prescritivo do RTQ-C (BRASIL, 2010). Foi utilizada a ferramenta Web Prescritivo (LABEEE, 2018) para realização dos cálculos e obtenção da classificação de eficiência energética, cujas etiquetas variam entre A, a mais eficiente, até a E, menos eficiente.

4. ESTUDO DE CASO E ASPECTOS HISTÓRICOS

Goiânia foi construída na década de 1930 como cidade planejada, traduzindo os anseios de mudança da capital da região, que, até então, era a cidade de Goiás. O projeto urbanístico original de Goiânia foi

elaborado pelo arquiteto e urbanista Attílio Corrêa Lima (Figura 5), nos anos de 1933 a 1935. O traçado urbanístico foi pensado a partir de um núcleo central, o centro cívico de caráter monumental, para onde convergiam as principais avenidas. O centro cívico constituiu-se como ponto referencial da setorização proposta pelo arquiteto para a nova capital, composta pelos setores Central, Norte, Sul, Leste e Oeste (IPHAN, 2010). Denominada posteriormente de Praça Cívica, foi planejada para a implantação de várias instituições públicas federais, estaduais e municipais. Dentre elas, destacam-se o Palácio das Esmeraldas, sede do Governo do Estado de Goiás, o antigo Palácio da Justiça e, o edifício público aqui em estudo, a antiga Secretaria Geral, atual Centro Cultural Marieta Telles Machado, projetados por Attílio Corrêa Lima.

O início da construção da Secretaria Geral (Figuras 6 e 7) ocorreu no ano de 1933, época da fundação de Goiânia, e sua inauguração foi realizada em 1936, antes mesmo da inauguração do Palácio das Esmeraldas, que ocorreu em 1938, e da Praça Cívica, em 1942 (IPHAN, 2010). Para construção da Secretaria Geral, foram utilizados alvenaria de tijolo e sistema estrutural em concreto armado (COELHO, 2005).



Figura 5 – Traçado urbanístico de Goiânia, acervo do Attílio Corrêa Lima (DINIZ, 2007).

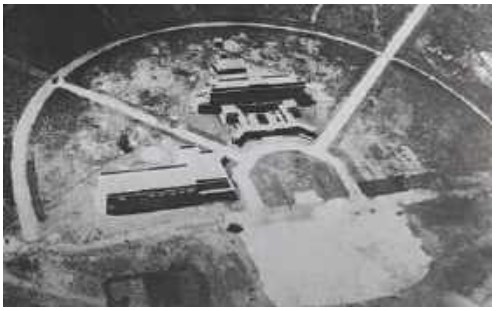


Figura 6 – Centro cívico de Goiânia no início de sua construção: Secretaria Geral e o Palácio das Esmeraldas (IPHAN, 2010).



Figura 7 – Secretaria geral na década de 1930 (IPHAN, 2010).

Ressalta-se que, com a ascensão do estilo art déco em Goiânia, os materiais empregados nos antigos processos construtivos utilizados na arquitetura vernácula naquela região até aquele momento, tais como, o adobe, pau-a-pique, taipa, caiação das paredes, foram substituídos por tijolo de barro cozido, concreto, revestimentos de pó de pedra e novos materiais de revestimentos, metais e néon. Além disso, "o novo estilo propunha edifícios com quatro fachadas, isolados dos seus vizinhos, formas geométricas, retas e curvas organizadas em cuidadoso contraste, emoldurando materiais até então desconhecidos" (IPHAN, 2010, p.26). Essas diferenças formais do estilo arquitetônico, dos sistemas construtivos e materiais, bem como a forma de implantação do edifício no lote, entre a antiga e a nova capital, marcavam o espírito desenvolvimentista da época, na busca por modernização, inovação e progresso.

O uso inicial previsto do edifício era de prefeitura, mas esse nunca foi realizado, passando a ter diversos usos e denominações em sua trajetória antes de funcionar como Centro Cultural, que são: Superintendência de obras; Diretoria Geral da Fazenda; Diretoria Geral da Segurança Pública; Departamento de Propaganda; Superintendência Geral das obras de Goiânia; Fórum; Secretaria Estadual da Fazenda; Secretaria de Estado da Cultura (IPHAN, 2010). Somente após a reforma de 1988, que passou a sediar o Centro Cultural Marieta Telles Machado (COELHO, 2005).

Para adequar ao novo uso, nos anos iniciais da década de 90, ocorreram as principais intervenções do edifício como a criação da biblioteca e do cinema (IPHAN, 2010). Além desses, foi construída "uma galeria de artes e um anexo para abrigar o Arquivo Histórico do Estado" (COELHO, 2005, p.33).

O Centro Cultural possui planta original em formato de L com os acessos principais voltados para o centro da Praça Cívica, posteriormente foi construído edifício anexo. Essa configuração original foi rebatida para o edifício do antigo Palácio da Justiça tendo o Palácio das Esmeraldas como elemento central e como referência do eixo de simetria, conforme ilustrado na Figura 8. Os três edifícios possuem galerias cobertas com colunatas que se interligam, traços do estilo art déco, predomínio da horizontalidade e o uso de platibanda escondendo o telhado. Originalmente o telhado era composto por telhas cerâmicas (Figura 7) e atualmente possui telhas de fibrocimento (Figura 9).

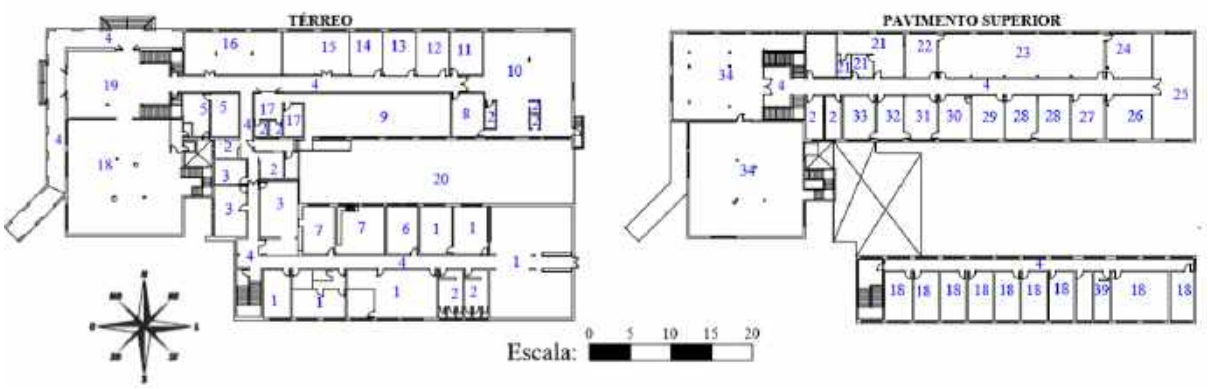
O Centro Cultural é composto por dois pavimentos, o térreo e o superior, cuja configuração atual está apresentada na Figura 10. No pavimento térreo destacam-se vários ambientes voltados à comunidade externa, como a biblioteca, o cinema e a exposição permanente do Museu da Imagem e Som (MIS). Já no pavimento superior predominam os ambientes administrativos do edifício.



Figura 8 – Vista superior da Praça Cívica: em vermelho o Centro Cultural Marieta Telles; em verde o Palácio das Esmeraldas; e em amarelo o antigo Palácio da Justiça (Google Maps, 2018, adaptado).



Figura 9 – Cobertura do Centro Cultural Marieta Telles à frente, Palácio das Esmeraldas e antigo Palácio da Justiça ao fundo.



LEGENDA

1	Biblioteca Braile	**10**	MIS Exposição permanente	**19**	Hall	**28**	Licitação
2	Sanitário	**11**	Informática	**20**	Área Permeável	**29**	Planejamento
3	Almoxarifado	**12**	Cine Cultura/Adm.	**21**	FICA	**30**	Setor de Empenho
4	Circulação	**13**	Núcleo de Produção Digital	**22**	Folha de Pagamento	**31**	Contabilidade
5	Protocolo	**14**	MIS Pesquisa	**23**	Recursos Humanos	**32**	Tesouraria
6	Copa/Cozinha	**15**	MIS Acervo	**24**	Dossiê	**33**	Gerência
7	Reserva Técnica	**16**	Museu da Imagem e Som (MIS)	**25**	Arquivo	**34**	Biblioteca
8	Instituto Goiano do Livro	**17**	Sala técnica áudio/vídeo	**26**	Transp. e Serviços Gerais		
9	Cinema	**18**	Biblioteca Pio Vargas	**27**	CIPA		

Figura 10 – Plantas dos pavimentos do edifício (Superintendência de Preservação de Patrimônio Cultural de Goiás, 2018, adaptado).

As fachadas do edifício (Figuras 11 e 12) possuem revestimento em pintura em faixas no tom cinza e bege. As paredes externas são robustas (30 cm de espessura aproximadamente) e possuem muitas janelas. As fachadas Norte e Oeste possuem colunas aparentes formando uma varanda.



Figuras 11 – Fachadas Norte e Oeste do edifício.



Figuras 12 – Fachadas Sul e Leste do edifício.

As janelas são compostas externamente por veneziana de alumínio de correr e internamente por madeira pintada de cinza com vidro de abrir, sendo que os dois tipos possuem quatro folhas, conforme ilustrado nas Figuras 13 e 14. Ressalta-se que a inserção da esquadria em veneziana em alumínio é uma intervenção recente. Antes, havia a esquadria de madeira e vidro com o uso de persiana de enrolar, como pode ser observado na Figura 7.

As portas de acesso são de ferro batido com vitrais de vidro liso e transparente com desenhos de cenas regionais em jato de areia (IPHAN, 2010). Constituindo uma referência vernácula, os vitrais possuem cenas de garimpo e atividades agropecuárias, evidenciadas nas Figuras 15 e 16.


Figura 13 – Detalhe das janelas.


Figura 14 – Detalhe das janelas.


Figura 15 – Detalhe dos vitrais das portas.


Figura 16 – Detalhe dos vitrais das portas.

Em geral, internamente o teto é pintado em branco e as paredes são revestidas em pintura branca com faixas cinza. Os principais pisos identificados foram lajota vermelha, lajota de madeira, ladrilho hidráulico quadriculado em três cores (amarelo, vermelho e preto), granitina vermelha e cinza, conforme Figura 17.

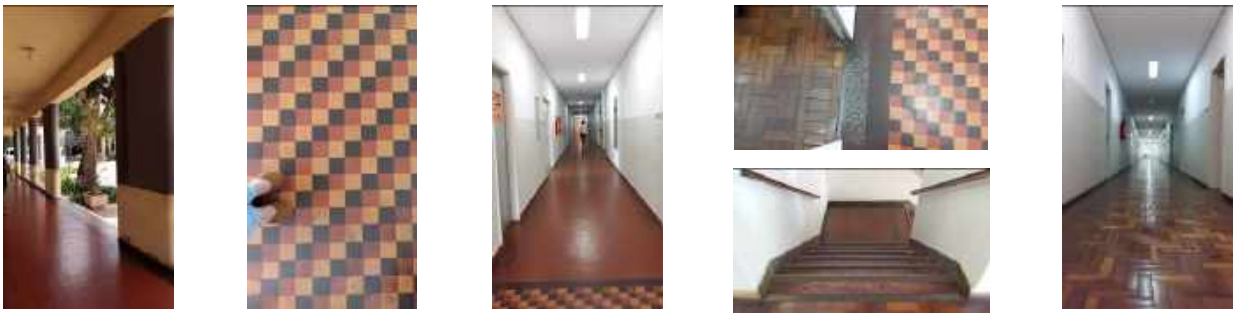


Figura 17 – Detalhes dos pisos do edifício.

Por fim, destaca-se que no entorno do Centro Cultural são notadas a presença de árvores de grande parte próximas as suas fachadas, em especial, a Norte, que promovem o sombreamento das mesmas, como pode ser observado na Figura 6. As temperaturas internas do edifício são um pouco amenizadas pelo sombreamento da arborização, bem como pela presença do corredor avarandado na fachada Norte e Oeste.

5. AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO ENERGÉTICO

Para a análise da eficiência energética do edifício, a seguir, é apresentada a caracterização da envoltória, dos sistemas de iluminação e ar condicionado, além das características climáticas gerais da cidade.

5.1 Caracterização climática da cidade

Goiânia caracteriza-se pelo clima tropical com estação seca de inverno, de acordo com a classificação Köppen-Geiger. Suas coordenadas são 16° 40’ 43’’ de latitude Sul e 49º 15’ 14’’ de longitude Oeste e a sua altitude é de 749 metros (GEOGRAFOS, 2018).

A temperatura média máxima ocorre nos meses de setembro e outubro chegando aos 32°C, entre os meses de julho a setembro ocorrem as mais baixas umidades relativas médias e os ventos predominantes são na direção Sudeste com velocidade variando de 0 a 2 metros por segundo (PROJETEEE, 2018).

Segundo a NBR 15220 (ABNT, 2003), Goiânia está inserida na Zona Bioclimática 6 e para obter um melhor conforto térmico nas edificações a abertura de ventilação deve ser de tamanho médio e prover de sombreamento, as paredes devem ser pesadas e a cobertura leve e isolada.

5.2 Caracterização da envoltória do edifício

A partir da revisão bibliográfica e da observação visual in situ, conclui-se que a envoltória do Centro Cultural caracteriza-se atualmente pela cobertura composta por laje de concreto e telhas de fibrocimento; e suas fachadas possuem vedação de alvenaria de tijolos cozidos, estrutura em concreto, esquadrias externas em alumínio e internas originais em madeira com vidro, pintura externa nas cores cinza e bege, e pintura interna nas cores branco e cinza. Ressalta-se, que não foram identificadas informações sobre a camada de

regularização da parede. Dadas às incertezas da composição dos materiais de componentes construtivos, torna-se pertinente a realização de medições das propriedades térmicas in situ.

Em relação à medição realizada com o espectrômetro para os diferentes materiais que compõem o ambiente da biblioteca no pavimento superior, foram realizados os cálculos da porcentagem da refletância de cada material os onze comprimentos de onda, conforme apresentado na Figura 18.

A Figura 19 demonstra os valores obtidos de transmitância térmica por hora durante os cinco dias de medições, bem como os valores das temperaturas interna e externa do edifício. O valor médio de transmitância térmica obtido nesse período foi de -1,32 W/m²K.

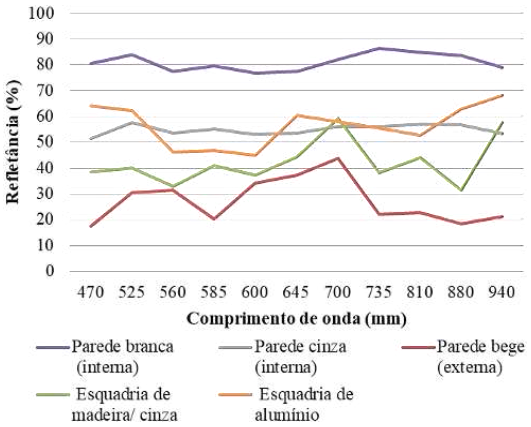


Figura 18 – Curvas das refletâncias espectrais dos materiais.

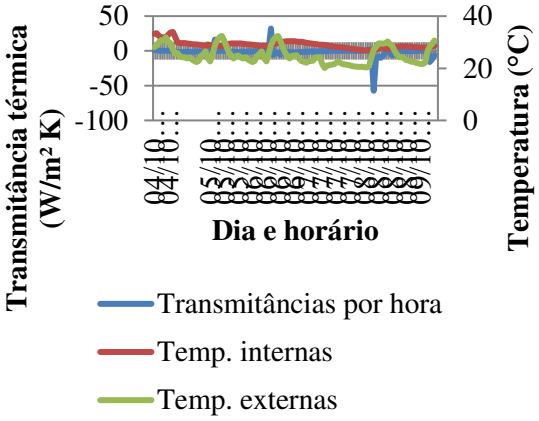


Figura 19 – Transmitâncias térmicas, temperaturas interna e externa por hora.

Para análise dos resultados de transmitância térmica, primeiramente deve-se levar em consideração que o ambiente analisado tinha o ar condicionado ligado durante o período vespertino, exceto sábado e domingo. É perceptível nos resultados que o fluxo de calor foi aumentando gradativamente ao decorrer das horas, obviamente pelo aumento da incidência solar ao longo do dia, no entanto, a partir das 13 horas, o fluxo de calor diminuiu devido ao funcionamento do ar condicionado.

O ideal seria que não houvesse funcionamento do ar condicionado durante as medições. No entanto, nem sempre é possibilitada a paralisação das atividades normais do edifício, o que pode ser considerado um fator limitante, visto que para realização do ensaio as medições tem que ser contínuas. Outra questão a ser destacada é a dificuldade de estabilização dos valores para validação dos resultados, podendo tornar extenso os períodos de medição. A ISO 9869 (2014) pelo método de análise por média dos dados exige que haja desvio de no máximo 5% do último resultado em relação ao obtido 24 horas antes, dentre outras exigências, que não foram alcançadas durante o período de medição realizado. Dada a limitação de equipamentos disponíveis para a realização desta pesquisa, não foi possível realizar medições das temperaturas superficiais internas e externas do elemento construtivo, bem como medições in situ da temperatura externa do ambiente, o que poderia aumentar a confiabilidade aos resultados obtidos de transmitância térmica.

5.3 Caracterização do sistema de iluminação do edifício

O sistema de iluminação do edifício é composto por alguns tipos de luminárias e lâmpadas, conforme ilustrado na Figura 20. Nas salas administrativas e corredores são usadas lâmpadas fluorescentes, enquanto que na sala de cinema e no Museu de Imagem e Som (MIS) são usadas lâmpadas LED. Foi possível observar ainda que determinadas salas possuem várias luminárias sem uso, por terem lâmpadas queimadas.



Figura 20 – Tipos de luminárias e lâmpadas existentes no edifício.

O edifício possui divisão de circuitos por uso final. Nas salas maiores, como por exemplo, a biblioteca, foi notada a presença de cinco acionamentos distintos de iluminação. Isso é positivo, pois não havendo necessidade de iluminação artificial, é possibilitado acionar apenas algumas fileiras de lâmpadas, reduzindo,

assim, o consumo energético. Não há desligamento automático da iluminação, apesar desse ser exigido apenas para ambientes acima de 250 m², não se aplicando, portanto, ao edifício em estudo.

5.4 Caracterização do sistema de ar condicionado do edifício

O edifício possui ar condicionado nos ambientes de uso permanente. Eles permanecem ligados durante o horário comercial de segunda a sexta-feira.

O modelo mais utilizado é o do tipo Split, alguns de 12000 BTU e outros de 9000 BTU presentes nas salas administrativas. O Split Piso Teto 60000 BTU também é utilizado, presente na biblioteca e sala de cinema. Os equipamentos possuem etiqueta A ou C de eficiência energética e suas tubulações apresentam isolamento térmico.

5.5 Classificação de nível de eficiência energética

Ao fazer uma análise conjunta das características da envoltória, sistema de ar condicionado e de iluminação, bem como de todos os pré-requisitos e bonificações, o edifício Centro Cultural Marieta Telles Machado obteve a etiqueta geral B (≥3,5 a <4,5) com uma pontuação de 3,91. Foi obtida a etiqueta C para a envoltória (Figura 21), etiqueta C para o sistema de iluminação e etiqueta B para o condicionamento de ar.

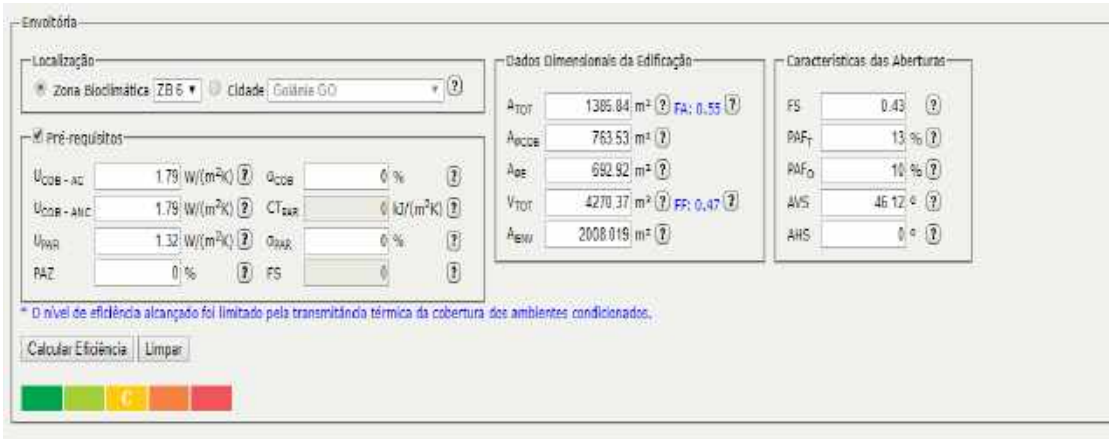


Figura 21 – Classificação de nível em eficiência energética da envoltória do edifício histórico.

O nível C em eficiência energética da envoltória está relacionada com a extensão da área de cobertura e com a quantidade de aberturas de vidros observadas em suas fachadas, isso acaba elevando a temperatura interna dos ambientes e, consequentemente, a necessidade de resfriamento dos ambientes.

A baixa classificação do sistema de iluminação, nível C, deve-se a maioria do sistema ser composto por lâmpadas fluorescentes, que gera um consumo mais elevado de energia. Como estratégias de melhoria para esse sistema, sugerem-se a substituição de lâmpadas fluorescentes existentes por lâmpadas mais eficientes, o melhor aproveitamento da iluminação natural, considerando que o edifício em questão possui uma quantidade significativa de aberturas e por possuir arborização ao seu redor.

Já o sistema de ar condicionado obteve nível B, pois a maioria dos aparelhos Split tem etiqueta A enquanto os outros do modelo Split Piso Teto apresenta etiqueta C. A substituição destes por equipamentos mais eficientes é uma alternativa para a melhoria do desempenho térmico do edifício.

Por fim, em relação à envoltória, recomendam-se poucas interferências em suas fachadas para não comprometer as características arquitetônicas representativas do estilo art déco, então, a instalação de películas solares no vidro de suas esquadrias seria uma medida possível de ser implantada. Já alterações na cobertura seriam interessantes, tais como, a instalação de placas fotovoltaicas para geração de energia.

6. CONCLUSÕES

Uma edificação histórica carrega em si grande valor cultural e, por isso, é tão importante a sua preservação e implantação de medidas que ofereçam melhorias à construção no que tange a redução do seu consumo energético e benefícios para o conforto ambiental, mas sem que haja perda de seus valores patrimoniais.

A partir da caracterização do Centro Cultural Marieta Telles e do monitoramento das propriedades térmicas de sua envoltória in situ, foi possível realizar uma avaliação de desempenho energético do estado real da edificação, identificando aspectos que impactam negativamente no desempenho da envoltória, do sistema de condicionamento de ar e iluminação. Essa análise é fundamental para a proposição de estratégias

de retrofit energético.

Por fim, ressalta-se a importância, para a avaliação de desempenho energético, da investigação histórica, da realização de visitas técnicas para caracterização do edifício, e da realização das medições in situ dos componentes construtivos da envoltória para obtenção de propriedades térmicas com uso de métodos não destrutivos, já que nem sempre é possível realizar prospecções em edifícios históricos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 15.220:** desempenho térmico de edificações. Rio de Janeiro, 2003.

APPLETON, J. Reabilitação de edifícios antigos e sustentabilidade. In: ENCONTRO NACIONAL DE ESTUDANTES DE ENGENHARIA CIVIL, 6., 2010, Évora, Portugal. **Anais...** Évora, 2010.

BARRIENTOS, M. I. G. G. **Retrofit de edificações: estudo de reabilitação e adaptação das edificações antigas às necessidades atuais.** 2004. 189 f. Dissertação (Faculdade de Arquitetura e Urbanismo), Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2004.

BRASIL. **Instrução Normativa MPOG/SLTI nº 2**, de 4 de junho de 2014.

_____. **Requisitos Técnicos da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos, RTQ-C**. Eletrobrás, 2010.

CENTRO BRASILEIRO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES (CB3E). **Guia de medição e cálculo para refletância e absortância solar em superfícies opacas**. Universidade Federal de Santa Catarina, v.1, p.13-14, 2015.

COELHO, G. N. **Guia dos bens e imóveis tombados - Goiânia**. Goiânia: Trilhas Urbanas, 2005. v.2, 152p.

DINIZ, A. **Goiânia de Attílio Corrêa Lima (1932-1935) – Ideal estético e realidade política**. 2007. 250f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, 2007.

DORNELLES, K.A., RORIZ, M. Métodos alternativos para identificar a absortância solar de superfícies opacas. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 7, n. 3, p. 109-127, jul./set. 2007.

ECONOMIDOU, M (Org.). **Europe's buildings under the microscope**: a country-by-country review of the energy performance of buildings. Brussels: Buildings Performance Institute Europe (BPIE), 2011.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). Balanço Energético Nacional (BEN) 2018: Ano base 2017. Rio de Janeiro: Epe, 2018.

GEOGRAFOS. **Goiânia, Goiás - GO**. Disponível em: <www.geografos.com.br>. Acesso em: 27 mai. 2018.

GOOGLE MAPS. **Praça Cívica**. Disponível em: <https://www.google.com.br/maps>. Acesso em: 26 mai. 2018.

HUKSEFLUX. **Radiação Solar/ Fluxo de Calor/ Condutividade Térmica**. Disponível em: <http://www.jytech.com/pdf/HF/LP02-LI19_v1302.pdf>. Acesso em: 10 out. 2018.

INSTRUTHERM. **Catálogos e ferramentas.** Disponível em: <http://catalogo.tecnoferramentas.com.br/produtos.2018/instrutherm/datalogger/datalogger-de-temperatura-e-umidade-ht500>. Acesso em: 09 out. 2018.

IPHAN – Superintendência Regional do Iphan em Goiás. **Goiânia art déco:** acervo arquitetônico e urbanístico – dossiê de tombamento. Goiânia: Instituto Casa Brasil de Cultura, 2010.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO). **9869-1**: Thermal insulation–building elements–in-situ measurement of thermal resistance and thermal transmittance. Geneve, Switzerland, 2014.

LABORATÓRIO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES (LABEEE)**. Web Prescritivo.** Disponível em: < http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/webprescritivo/index.html>. Acesso em: 2 nov. 2018.

PROJETANDO EDIFICAÇÕES ENERGETICAMENTE EFICIENTES (PROJETEEE). **Goiânia**. Disponível em: <http://projeteee.mma.gov.br>. Acesso em: 27 mai. 2018.

SISTEMA DE METEOROLOGIA E HIDROLOGIA DO ESTADO DE GOIÁS (SIMEHGO). **Rede de Observações.** Disponível em: http://www.simehgo.sectec.go.gov.br/cgi-bin/rede_obs/consulta_dados3.pl?Funcao=0. Acesso em: 01 nov. 2018.

VERNIER. **Alta || Reflectance Spectrometer.** Disponível em: <https://www.vernier.com/products/sensors/Spectrometers/Alta/>. Acesso em: 10 out.2018.