



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

ANÁLISE DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E CONFORTO TÉRMICO EM DOIS EDIFÍCIOS PÚBLICOS UNIVERSITÁRIOS

Elisabeti de Fátima Teixeira Barbosa (1); Camila de Freitas Albertin (2); Giani Betelli Antonello Borges (3); Adriana Petito de Almeida Silva Castro (4); Lucila Chebel Labaki (5)

(1) Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura Tecnologia e Cidade-ATC. UNICAMP, e-mail: elisabeti.barbosa@gmail.com

(2) Graduanda em Engenharia Civil, ca.albertin@outlook.com, UNICAMP

(3) Graduanda em Engenharia Civil, giantonello.b@gmail.com, UNICAMP

(4) Pós-Doutoranda, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo. Universidade Estadual de Campinas, Departamento de Arquitetura e Construção, Laboratório de Conforto Ambiental e Física Aplicada, Cx. Postal 6143, Campinas/SP, CEP 13083-889, Tel 3521-2064, dripsc@gmail.com

(5) Professora Titular, Departamento de Arquitetura e Construção. lucila@fec.unicamp.br Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo. Universidade Estadual de Campinas, Departamento de Arquitetura e Construção, Laboratório de Conforto Ambiental e Física Aplicada, Cx. Postal 6143, Campinas/SP, CEP 13083-889, Tel 3521-2064

RESUMO

A preocupação com o desempenho das edificações, seja pelo cumprimento de normas técnicas, seja, mais recentemente, pela implementação de medidas que promovam o conforto proporcionado aos usuários, fez com que se desenvolvesse o interesse em estudar a influência dos parâmetros construtivos e ambientais. Neste sentido, a análise de ambientes, ainda que implantados com as mesmas técnicas, mas com divergências em relação ao modo de ocupação dos usuários, bem como fatores externos, se faz relevante para a busca de novas soluções nas edificações que vão ao encontro das necessidades atuais e futuras de sustentabilidade e eficiência. Essa análise de ambientes pauta um dos objetivos deste artigo, que visa analisar em diversos aspectos a eficiência energética de duas edificações públicas universitárias, em consonância com o Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Comerciais e Públicas (RTQ-C - 2017). Além disso, este estudo tem como objetivo analisar o desempenho térmico de duas salas da FEM (Faculdade de Engenharia Mecânica) da Unicamp, com orientações opostas, considerando a percepção dos usuários. O emprego de metodologia que permitisse a obtenção de maior quantidade de resultados plausíveis para o estudo se mostrou competente dentro das limitações existentes, uma vez que dependeu da confiabilidade das respostas fornecidas pelos ocupantes dos ambientes, bem como das leituras de dados dos equipamentos alocados para a avaliação. Os resultados obtidos através das análises gráficas e dos questionários aplicados evidenciam que a presença de equipamentos de melhor tecnologia, bem como os fatores externos como radiação solar incidente na edificação, associado às preferências térmicas dos usuários são fatores flutuantes e que o ponto de junção entre eles recai sobre a tipologia do ambiente construído, que pode atenuar a insuficiência dos demais parâmetros.

Palavras-chave: etiquetagem de edificação, variáveis ambientais, conforto térmico

ABSTRACT

The concern with the performance of the buildings, whether by the fulfillment of technical norms, or, more recently, by the implementation of measures that promote the comfort provided to the users, enhanced the interest in studying the influence of the constructive and environmental parameters. In this sense, the analysis of built environments, even with the same constructive techniques, but with divergences in relation to the users' occupation, as well as to external factors, becomes relevant for the search of new solutions that meet the current and future needs of sustainability and efficiency for the buildings. This analysis is one of the objectives of this article, which aims to study in several aspects the energy efficiency of two public university buildings, in accordance with the Technical Regulation of Quality for the Energy Efficiency Level

of Commercial and Public Buildings (RTQ-C - 2017). In addition, this study has the objective of analyzing the thermal performance of two rooms of the FEM (Faculty of Mechanical Engineering) of the University of Campinas, with opposite orientations, considering the perception of the users. The proposed methodology allows obtaining more plausible results for the study in concordance with the existing limitations, since it depends on the reliability of the answers provided by the occupants of the environments, as well as the data readings of the equipment allocated for the evaluation. Results were obtained through graphical analysis. The applied questionnaires show that the presence of better technology equipment, as well as external factors such as incident solar radiation on the building, associated to thermal preferences of users are floating factors and that the joint point relies on the typology of the built environment, which can attenuate the inefficiency of the other parameters.

Keywords: edification labelling, environmental parameters, thermal comfort

1. INTRODUÇÃO

A recorrência de temas relacionados à preservação dos recursos naturais, à sustentabilidade, bem como desempenho de infraestrutura no âmbito da engenharia civil e da arquitetura, despertou a necessidade de se buscar meios, técnicas e inovações que fossem ao encontro dessas carências.

No Brasil, o setor da construção civil (incluindo residências, edifícios comerciais e públicos) é responsável por cerca de 48% do consumo de energia elétrica e esse consumo apresenta uma tendência de rápido crescimento, devido parcialmente aos aumentos no padrão de conforto e serviços dentro de edifícios. (CONSELHO BRASILEIRO DE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL, 2014). Conforme o Balanço Energético Nacional de 2018, ano-base 2017 (BÊN, 2018), os edifícios comerciais representam 14,4% do consumo total de energia elétrica. Além disso, estudos realizados pela Eletrobrás (2018) indicam que ar condicionado, iluminação e equipamentos de escritório representam os principais consumos em edifícios comerciais e públicos.

Neste sentido, a criação do Programa Nacional de Eficiência Energética em Edificações (PROCEL EDIFICA) veio contribuir e fornecer subsídios para a pesquisa e implementação de ações para minimizar o alto consumo de energia elétrica. Estima-se ainda que há um potencial de redução de 50% no consumo para novas edificações e 30% para aquelas que implementam modificações de modo a atender aos pré-requisitos para se enquadrarem nos níveis maiores de etiqueta (nível A ou nível B) (RTQ-C, 2017).

Dessa forma, com a maior abrangência das diferentes modalidades de usos, o atendimento da NBR 15575-1 (2013) não foi suficiente para garantir as demandas tanto do mercado, visto que se espera cada vez mais economia do uso e ocupação das edificações, bem como o conforto do usuário em suas várias nuances. Para contribuir com essa economia e bem-estar, fatores como a envoltória, que, de acordo com o Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C, 2017) pode ser comparada como a pele da edificação, a qual engloba não somente os métodos construtivos, mas os materiais empregados, devem ser levados em consideração. Outros fatores condicionantes seriam a iluminação do ambiente, bem como o condicionamento de ar, sendo eles naturais ou artificiais, além da disposição da fachada e a influência externa à edificação.

O trabalho de Krstic-Furundzic e Kosic (2016) avalia edifícios comerciais e mostra como diferentes tipologias da envoltória afetam a eficiência energética da edificação. De acordo com Ihara *et al.* (2015), as propriedades dos materiais da fachada devem ser consideradas para determinar quais delas mais influem no desempenho energético da edificação, desconsiderando o formato dos edifícios, localização ideal, tipologia construtiva, de modo a promover, assim, a eficiência energética nos edifícios.

Atualmente, há diversas ferramentas para o cálculo do conforto térmico dos ocupantes permanentes ou não das edificações e que contribuem para o cálculo do VME (voto médio estimado), ou voto de sensação de conforto térmico, e tem como parâmetros a atividade desempenhada pelo indivíduo e a carga térmica atuante sobre o corpo, que é avaliada por uma escala que varia de -3 a +3, para identificar a situação correspondente do usuário.

A realização deste trabalho foi pautada na pesquisa de Coutinho (2014), tendo sido realizada a partir da escolha do local, contextualização do ambiente onde ele se localiza, coleta das variáveis ambientais simultaneamente em todos os pontos em cada ambiente da edificação, estimando-se as variáveis pessoais no momento das medições, de acordo com as normas ISO 7730 (2005). Paralelamente, foi aplicado o método prescritivo do RTQ-C (2017), para atribuição do nível de eficiência energética das edificações, nos quesitos envoltória, sistema de iluminação e condicionamento de ar.

Esta pesquisa faz parte de um amplo projeto denominado “Campus Sustentável”, uma parceria entre Unicamp e CPFL (Companhia Paulista de Força e Luz), que engloba vários subprojetos, inclusive a

Etiquetagem de Edifícios, de várias tipologias diferentes (salas de aula, administrativas, hospital, biblioteca, restaurante, dentre outros).

Especificamente este trabalho apresenta o estudo em dois edifícios que integram o complexo de 10 (dez) blocos da Faculdade de Engenharia Mecânica (FEM) da Unicamp.

2. OBJETIVO

O presente artigo visa analisar em diversos aspectos a eficiência energética de dois edifícios pertencentes à Faculdade de Engenharia Mecânica da Unicamp (FEM), aplicando-se o método prescritivo do Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Comerciais e Públicas (RTQ-C, 2017). Paralelamente, estudou-se o desempenho térmico de duas salas da FEM, com orientações opostas, considerando a percepção dos usuários.

3. METODOLOGIA

A metodologia se dividiu em três etapas, sendo que a primeira foi a realização da análise de diversos parâmetros projetuais utilizados nas edificações da Faculdade de Engenharia Mecânica (FEM), localizadas na Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), para atribuição da Etiqueta de Eficiência Energética do PROCEL Edifica, que faz parte do Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE) e foi desenvolvida em parceria entre o Inmetro e a Eletrobrás/PROCEL Edifica. Especificamente neste trabalho, foram atribuídas as etiquetas de eficiência energética para dois edifícios que integram o complexo de 10 blocos da FEM, utilizando-se o método prescritivo (RTQ-C, 2017).

A segunda parte consistiu na avaliação de conforto térmico pelos usuários de duas salas representativas, com a mesma finalidade de uso, e com orientações opostas, pertencentes aos dois edifícios do complexo, previamente etiquetados.

Por fim, a terceira etapa da pesquisa consistiu na realização da comparação do nível de eficiência energética com a avaliação de conforto térmico pelos usuários.

O RTQ-C (2017) regulamenta que a etiqueta de eficiência energética deve ser obtida para o prédio como um todo, nos quesitos envoltória, iluminação e condicionamento de ar. No presente trabalho, foram etiquetados dois dos dez blocos que integram a Faculdade de Engenharia Mecânica da Unicamp, considerando-se os três quesitos supracitados. Em paralelo, foram escolhidas duas salas para o estudo do conforto térmico. Com isso, foi possível fazer uma correlação entre o nível de Etiqueta obtido e a sensação térmica do usuário.

Dessa forma, inicialmente foram coletados os dados dos projetos e os parâmetros da envoltória da edificação, de iluminação e de ar condicionado, para a atribuição da etiqueta de eficiência energética. Em paralelo, em horários programados, foram instalados equipamentos para medição das seguintes variáveis ambientais: temperatura do ar, temperatura de globo, velocidade do ar e umidade relativa. Simultaneamente à coleta dos dados ambientais, foram aplicados 32 questionários de conforto térmico aos usuários, para levantamento da sensação e preferência térmica nos dois ambientes selecionados.

Cabe ressaltar que o projeto foi submetido ao Comitê de Ética da Unicamp, tendo sido emitido o CAAE (Certificado de Apresentação para Apreciação Ética), e a aprovação do processo em junho de 2018.

Os dados coletados foram inseridos no software Conforto 2.03 (RUAS, 2005), que fornece índices baseados na ISO 7730 (2005), e os resultados foram confrontados com os parâmetros ambientais da edificação e os dados fornecidos pelos usuários. Deste modo, foi possível também analisar os resultados do VME (voto médio estimado) e PEI (porcentagem estimada de insatisfeitos).

Além disso, os dados de projeto, bem como os ambientais obtidos após calculados, passaram por um tratamento analítico pautados no Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Comerciais e Públicas (RTQ-C, 2017). Foi utilizado o método prescritivo para realizar os cálculos de desempenho da envoltória, do sistema de iluminação e condicionamento de ar, a fim de se alcançar um nível de eficiência (A, B, C, D ou E), proporcionando um melhor embasamento para a inter-relação com os dados coletados dos usuários e os resultados das medições.

É importante ressaltar algumas dificuldades encontradas: edificação pública de grande complexidade, composta por vários ambientes, com diversos usos, ocupações e adequações, indisponibilidade de colaboração na pesquisa, dentre outras.

3.1 Caracterização do Local

O local objeto de estudo está localizado na cidade de Campinas, interior do estado de São Paulo, com as coordenadas geográficas: latitude -22,9, longitude -47,0 e altitude de 640 metros. A região de Campinas está inserida na zona bioclimática 3, de acordo com a NBR 15220-3 (2005), apresentando clima tropical de altitude, com temperatura média anual de 22,4 °C. A média pluviométrica anual da cidade é de 1424,5 mm, com predominância de chuvas entre outubro a março e com o mês de maior estiagem em agosto. A umidade média em Campinas varia de 36% em agosto a 57% em janeiro (CEPAGRI, 2013). Em suas pesquisas Chvatal *et al.* (1999) classificaram o clima de Campinas como sendo tropical continental, sendo que em períodos de verão as temperaturas máximas variam de 28,5°C a 30°C entre os meses de novembro a março. Já para os meses de inverno, entre junho a agosto, as temperaturas mínimas variam entre 11,3°C e 13,8°C.

3.2 Estudo de Caso: Blocos E e J

O complexo de prédios da Faculdade de Engenharia Mecânica (Figura 1) compreende 10 edifícios, sendo nomeados de bloco B a Bloco K, todos possuindo três pavimentos. Encontram-se, também, nomeados por seção direita e esquerda, por exemplo: bloco B, lado esquerdo e primeiro piso é nomeado de BE1. Os blocos são interligados por corredores edificadas, contendo salas hall ou não.

Especificamente neste trabalho, foram analisadas uma sala no segundo pavimento do bloco E e uma no terceiro pavimento do bloco J, onde há o exercício de atividades classificadas como “Escola/Universidade”, para a aplicação do método WebPrescritivo (2010), uma vez que ambas correspondem a salas utilizadas por alunas de pós-graduação e de dois professores. As salas estudadas são a JD 308, utilizada por professores, e a EE 202, por alunas de pós-graduação.

Ressalta-se que não havia arquivos na extensão *dwg* disponibilizados pela Universidade, sendo necessária a elaboração da planta em AutoCad, para obtenção dos parâmetros necessários. A partir daí, pôde-se realizar o estudo da direção das fachadas destes edifícios, que apresentam predominância de sol nas fachadas nordeste e sudoeste. Nas Figuras 2 e 3 estão identificadas as salas para análise.



Figura 1 - Imagem aérea da FEM (Google Maps)

Todos os ambientes analisados (Figuras 2 e 3) são compostos por uma mesma envoltória: paredes de bloco de concreto com revestimento cerâmico, janelas do tipo basculante, contendo aparelhos de ar-condicionado de janela para a sala JD 308 e split para a EE 202, iluminadas por meio de lâmpadas tubulares fluorescentes.



Figura 2 - Localização da sala analisada (EE 202) em seu respectivo bloco E



Figura 3 - Localização da sala analisada (JD 308) em seu respectivo bloco J

3.3 Equipamentos de Medição

Foram utilizados um conjunto contendo os seguintes equipamentos: termo higrômetro digital da marca Testo, modelo 175-H1, Termômetro digital da marca Testo, modelo 175-T2, Anemômetro digital da marca Testo, modelo 405V. Os equipamentos foram fixados em tripé com altura de 1,15cm, altura das pessoas sentadas.

As figuras 4 e 5 apresentam as imagens dos equipamentos e sua localização nos ambientes pesquisados, sala EE 202 e sala JD 308.



Figura 4 - Ponto de Medição sala EE 202 - FEM (acervo pessoal)



Figura 5 - Ponto de Medição sala JD 308 - FEM (acervo pessoal)

As variáveis ambientais foram coletadas nos seguintes horários: 9h00, 11h30, 14h00 e 16h30. Concomitantemente, nesses mesmos horários, foram aplicados os questionários de sensação e preferência térmicas. A partir do registro das variáveis ambientais, bem como de dados fornecidos pelo CEPAGRI (temperaturas e umidades externas), foi realizada a análise dos ambientes.

4. RESULTADOS

4.1. Etiquetagem

Foi realizada a avaliação do nível de eficiência energética pelo método prescritivo, descrito no Regulamento Técnico da Qualidade de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C, 2017). Utilizou-se a ferramenta *online* WebPrescritivo (2010), disponível no site do LabEEE, para o preenchimento dos dados das edificações. Essa ferramenta facilita a aplicação das equações, inclui a verificação dos pré-requisitos e fornece o nível de eficiência final da edificação.

A partir do WebPrescritivo (2010), foi realizada a etiquetagem dos blocos (envoltória) e das salas (iluminação e condicionamento de ar), gerando os seguintes resultados, demonstrados na Tabela 1. O RTQ-C (2017) permite que, para os quesitos iluminação e ar condicionado, sejam avaliadas algumas salas ou o edifício como um todo.

Tabela 1 - Resultados da aplicação do método WebPrescritivo para os blocos/salas em análise

SALA	QUESITO	ENVOLTÓRIA	ILUMINAÇÃO	AR CONDICIONADO
SALA EE202	ETIQUETA	C	B	B
	PARÂMETRO	ENVOLTÓRIA	ILUMINAÇÃO	AR CONDICIONADO
SALA JD 308	ETIQUETA	C	B	E

Nota-se que tanto para a envoltória quanto para a iluminação, ambas as salas obtiveram a mesma etiqueta; isso se deve tanto a tipologia construtiva, bem como a mesma quantidade e tipo de luminárias destes ambientes. Contudo, destaca-se o fato de que há uma grande discrepância entre as etiquetas relacionadas ao condicionamento de ar. Isto pode ser explicado pela diferença de modelos de condicionadores de ar, uma vez que o aparelho da sala JD 308 equivale a um dispositivo de janela com muitos anos de uso e, portanto, tecnologia de certo modo ultrapassada quanto a eficiência energética e de condicionamento. Já o aparelho da sala EE 202 é um modelo split com etiqueta de eficiência própria, fornecida pelo fabricante. Assim, a competência dos aparelhos torna-se uma variável de grande relevância quanto ao desempenho energético pretendido para ambos os ambientes.

Ressalta-se que o projeto como um todo (parceria entre CPFL e Unicamp) pretende realizar um *retrofit* no sistema de iluminação e ar condicionado de diversos edifícios da Unicamp. Nessa fase da pesquisa, foram analisados os ambientes com os equipamentos antigos e, na fase posterior, será realizada a troca dos equipamentos para condicionadores e lâmpadas mais eficientes energeticamente.

4.2. Conforto Térmico

Conforme Gonçalves e Bode (2015), o conforto térmico é um tema multidisciplinar. Envolve aspectos de projeto, engenharia, biometeorologia, fisiologia humana e psicologia. Como o corpo humano tem sua própria temperatura e regula as respostas ao meio ambiente, a resposta de um ocupante é fortemente dependente de sua condição física e da sua capacidade de adaptação.

As medições das variáveis ambientais ocorreram nos dias 13 e 14 de novembro de 2018, às 9h00, 11h30, 14h00 e 16h30. A condição climática foi previamente monitorada, e foram selecionados dias com temperaturas entre 29 e 33°C para as medições das variáveis ambientais e aplicação dos questionários. Nesses mesmos horários, foram aplicados questionários de sensação e preferência térmicas, aos usuários do espaço. Os questionários, no total de 32, foram aplicados a todos os usuários das salas: uma delas utilizada apenas por uma pessoa, e a outra por três pessoas. Os questionários continham questões pessoais (idade, sexo, atividade, dentre outras) e questões sobre a sensação e a preferência térmicas.

As Figuras 6 e 7 ilustram o comportamento das variáveis ambientais, obtido pela média dos valores entre os dois dias analisados.

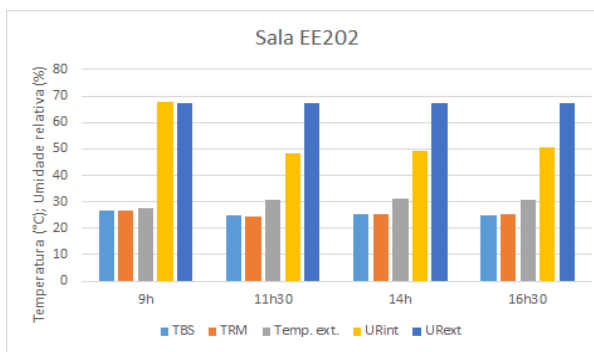


Figura 6 - Variáveis ambientais da sala EE202

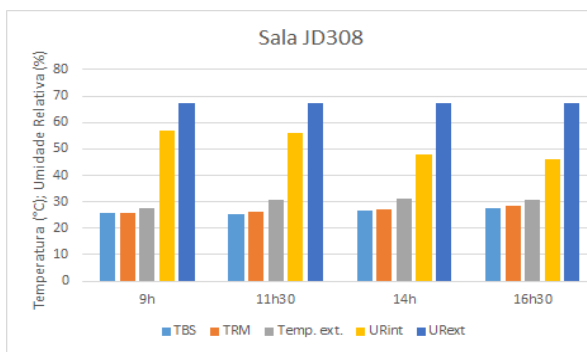


Figura 7 - Variáveis ambientais da sala JD308

Pode-se observar que os valores das temperaturas externas foram maiores que os das temperaturas internas, principalmente no período vespertino, chegando a uma diferença de até 5°C na sala EE202 (predominância de sol no período da manhã) e de 7°C na sala JD 308 (predominância de sol no período da tarde). Como nas duas salas o ar condicionado permanece ligado praticamente o dia todo, as temperaturas internas se mantiveram sempre menores que as externas.

Nota-se, também, que, no período vespertino, a umidade relativa se apresentou maior no ambiente externo que no interno, podendo-se dizer que o uso do ar condicionado contribuiu para a diminuição da umidade, uma vez que há condicionamento artificial de ar praticamente o dia todo.

Além disso, os valores das temperaturas de bulbo seco e da temperatura radiante média foram similares, podendo-se dizer que não existem grandes fontes radiantes.

Em relação a avaliação dos questionários, as figuras 8 e 9 ilustram a sensação e preferência térmicas médias dos usuários, nos dois dias de medição.



Figura 8 - Respostas de sensação e preferência térmicas dos usuários da sala EE202



Figura 9 - Respostas de sensação e preferência térmicas dos usuários da sala JD308

De modo geral, observa-se, como esperado, que quando as temperaturas são maiores, há uma sensação de desconforto para calor e uma preferência para o frio. Esses resultados são confirmados também a partir da avaliação dos questionários. Além disso, as maiores diferenças entre sensação e preferência térmica ocorreram nos horários de maior temperatura.

Comparando-se as duas salas, observa-se comportamentos distintos ao longo do dia, o que pode ser explicado devido às diferentes orientações desses ambientes. Também em relação ao condicionamento do ar. O aparelho é ligado no início da manhã, às 9h00 horas, desligado às 11h30, voltando a ser ligado às 14h00. Nesse horário, em que a temperatura externa já está mais elevada, há uma certa “demora” para atingir uma temperatura que os usuários consideram “confortável”, principalmente, ambientes com orientação oeste como é o caso da JD308.

Observa-se na sala JD308, uma sensação de ligeiro frio às 11h30 e uma preferência de pouco calor, enquanto que no período da tarde há a sensação de pouco calor e a preferência por pouco frio; isso pode ser explicado pela orientação a oeste com incidência solar no período da tarde, bem como pelos horários de acionamento e desligamento ar condicionado: sendo ligado logo no início da manhã, às 11h30, após algumas horas de funcionamento, a sensação dos usuários é de ligeiro frio.

Na sala EE202 nota-se sensação de pouco calor no início da manhã e uma preferência por pouco frio, enquanto que no período vespertino há a sensação de calor às 14h00 e a preferência pela neutralidade

térmica. Deve-se considerar que o posicionamento das salas interferiu na sensação dos usuários de ambos os ambientes.

A Tabela 2 mostra as categorias de ambiente térmico aceitáveis, de acordo com a ISO 7730 (2005), *apud* Lamberts (2011).

Tabela 2 - Categorias de ambiente térmico

CATEGORIA	PEI (%)	VME
A	< 6	-0,2 < VME < +0,2
B	< 10	-0,5 < VME < +0,5
C	< 15	-0,7 < VME < +0,7

(ISO 7730, 2005 *apud* Lamberts, 2011, adaptada)

Os resultados do PEI (porcentagem estimada de insatisfeitos) e do VME obtidos neste trabalho estão ilustrados nas Tabelas 3 e 4.

Tabela 3 - Dados de PEI e VME para a Sala EE202

Sala EE202		
Hora	PEI	VME
9h	14	0,57
11h30	8	0,41
14h00	11	0,55
16h30	15	0,61

Tabela 4 - Dados de PEI e VME para a Sala JD308

Sala JD308		
Hora	PEI	VME
9h	15	0,42
11h30	14	0,43
14h00	15	0,73
16h30	14	0,69

Pode-se perceber que os resultados obtidos nas duas salas analisadas se encaixam na Categoria C da Tabela 2. A ASHRAE (2017) considera um ambiente termicamente confortável quando não há mais de 10% de ocupantes insatisfeitos. Dessa forma, pode-se dizer que as duas salas seriam consideradas desconfortáveis.

Ao se confrontar a Categoria C de ambiente térmico com o nível C de eficiência energética obtido para a envoltória da edificação, sugere-se que, se a envoltória fosse melhor classificada, o ambiente térmico também poderia atingir uma melhor classificação.

5. CONCLUSÕES

As etiquetas de eficiência energética obtidas pelas salas analisadas demonstram uma tendência de inter-relação entre a eficiência da envoltória com o desempenho térmico do ambiente e a sensação térmica dos usuários, ainda que estes possam se valer de artifícios como condicionamento artificial para se atingir níveis de neutralidade térmica. Ainda que localizadas em regiões diferentes na edificação, as salas não se mostraram capazes de prover o bem-estar pleno dos usuários, evidenciando-se que o método construtivo empregado na edificação possa não ter sido a melhor opção, dentre as possíveis soluções.

Considera-se ainda que o conforto térmico é um parâmetro subjetivo e sua medição é feita de modo laborioso, levando em consideração aspectos individuais dos usuários e acarretando em resultados distintos de um usuário para outro. Para uma análise mais aprofundada se faz necessária uma coleta de dados de conforto térmico mais ampla e que contemple mais salas da edificação.

Entretanto, pode-se perceber, tanto pelos dados de envoltória, iluminação, ar-condicionado e conforto térmico, que a edificação apresenta resultados térmicos insatisfatórios, que se traduzem em altos custos de energia com condicionamento de ar.

Também vale ressaltar que o condicionamento dos recintos fica a cargo dos próprios usuários e por conta desse fator, podem ocorrer discrepâncias quanto ao real conforto térmico no local, uma vez que dependendo da localização deste no ambiente pode ocorrer maior ou menor influência da radiação solar, bem como estar sob maior ou menor interferência dos aparelhos condicionadores de ar. Estes últimos também se mostraram determinantes para o alcance maior ou menor de eficiência energética, uma vez que as tecnologias dos aparelhos diferem de uma sala para outra.

É importante frisar que a análise das condições ambientais do edifício onde se encontram as salas pode contribuir para os estudos de eficiência energética em ambientes dessa natureza para as finalidades propostas por eles. Pode-se assim, contribuir também, para a adequação ambiental desses ambientes, desde a concepção do projeto até as etapas finais, propiciando melhores condições de trabalho aos usuários.

Além disso, deve-se ressaltar a complexidade das edificações públicas universitárias, principalmente em relação a diversificação de ambientes, usos e ocupações, o que torna o trabalho investigativo desafiador e, ao mesmo tempo gratificante.

Como continuação da pesquisa, sugere-se uma análise estatística dos dados, além do registro do desconforto local pelo usuário, e também a proposição de melhorias e/ou intervenções com vistas a obter um melhor nível de eficiência energética.

Por fim, como este trabalho faz parte de um grande projeto em parceria entre Unicamp e CPFL, serão analisadas outras tipologias de edifício e ambientes representativos, o que resultará em um grande acervo de dados para pesquisas e análises posteriores.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575-1**: Edificações habitacionais — Desempenho - Parte 1: Requisitos gerais. Rio de Janeiro, 2013.
- 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, 2005.
- ASHRAE – AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS. **2017 ASHRAE Standard 55**. cap. 8. Thermal Comfort. Atlanta, 2017.
- BALANÇO ENERGÉTICO NACIONAL 2018: ANO BASE 2017. Relatório Final. Rio de Janeiro, 2018.
- CEPAGRI. **Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas a Agricultura**. Disponível em: <<http://www.cpa.unicamp.br/outras-informacoes/clima-de-campinas.html>> Acesso em: 21 de março de 2019.
- CHVATAL, K. M. S.; LABAKI, L. C.; KOWALTOWSKI, D. C. C. K. **Caracterização de Climas Compostos e Proposição de Diretrizes para o Projeto Bioclimático: O Caso de Campinas**. In: ENCAC 1999 - V Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído e II Encontro Latino Americano de Conforto no Ambiente Construído, Fortaleza, 1999.
- CONSELHO BRASILEIRO DE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL. **Aspectos da Construção Sustentável no Brasil e Promoção de Políticas Públicas: subsídios para a promoção da construção civil sustentável**. Ministério do Meio Ambiente. Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), 2014.
- COUTINHO, B. **Análise de Conforto Térmico em Ambientes Naturalmente Ventilados: Um Exemplo Em Restaurante Universitário** - Universidade Estadual de Campinas, 2014. Acesso em 28 de março de 2019.
- ELETOBRÁS. **Relatório Anual - 2018**. Ministério de Minas e Energia e Eletrobrás, 2018.
- GONÇALVES, J.C.S; BODE, K. **Edifício Ambiental**. São Paulo: Oficina de Textos, 2015
- IHARA, T.; GUSTAVSEN, A.; JELLE, B. P. **Effect of Facade Components on Energy Efficiency in Office Buildings**. Applied Energy, v. 158, p. 422-432, 2015.
- ISO 7730:2005 - **Ergonomics of the thermal environment - Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria**. ISO 2005.
- KRSTIĆ-FURUNDŽIĆ, A.; KOSIĆ, T. **Assessment of Energy and Environmental Performance of Office Building Models: a case study**. Energy and Buildings, v. 115, p. 11-22, 2016.
- LAMBERTS, R. **Conforto e Stress Térmico** - Universidade Federal de Santa Catarina - Centro Tecnológico Departamento de Engenharia Civil. Laboratório de Eficiência Energética em Edificações, 2011.
- RTQ-C - Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas: **Manual para aplicação do RTQ-C**. Versão 4 - 2017.
- RUAS, A. C. **Conforto térmico nos ambientes de trabalho**. 2. ed. São Paulo: Fundacentro, 2005.
- WEBPRESCRITIVO. **Ferramenta de Avaliação de Eficiência Energética de Edificações Comerciais pelo Método Prescritivo do RTQ-C**. Projeto S3E. Convênio FINEP 01.09.0440.00/CT-Energia/Ref.:0509/08. 2010. Disponível em: <<http://www.labeec.ufsc.br/sites/default/files/webprescritivo/index.html>>. Acesso em: 14 abr.2019.

AGRADECIMENTOS

À CPFL - Companhia Paulista de Força e Luz do Estado de São Paulo e à ANEEL pela concessão de bolsas para as pesquisas e apoio ao Projeto “Campus Sustentável”.

À FEM - Faculdade de Engenharia Mecânica, por permitir que realizasse as pesquisas em suas dependências.

Ao NIPE, Núcleo Interdisciplinar de Planejamento Energético, pelo apoio organizacional.