



Futuro da Tecnologia do Ambiente Construído e os Desafios Globais  
Porto Alegre, 4 a 6 de novembro de 2020

## AUDITORIA ENERGÉTICA DE SISTEMA DE CLIMATIZAÇÃO ARTIFICIAL EM INSTITUIÇÃO FEDERAL DE ENSINO SUPERIOR<sup>1</sup>

**PAIVA, Nathan M. (1); CASTRO, Isabela C.(2); OLIVEIRA, Raquel D. (3); LIMA, Frederico R. S. (4)**

- (1)** Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET-MG),  
Departamento de Engenharia Civil (DEC), tammagno@gmail.com  
**(2)** CEFET-MG, Dep. de Engenharia Mecânica (DEM), isabelacastro@gmail.com  
**(3)** CEFET-MG, DEC e DEM, raqueldiniz@cefetmg.br  
**(4)** CEFET-MG, DEM, fredericoromagnoli@gmail.com

### RESUMO

*A auditoria energética no Brasil ainda não é corriqueira especialmente em edificações públicas de ensino. Neste processo, avaliam-se a conformidade de uma edificação frente às exigências normativas, seu desempenho operacional e eficiência energética, além do nível de satisfação relacionado ao conforto ambiental dos seus ocupantes. Desta forma, torna-se possível a verificação da condição existente e proposição de medidas de melhorias, caso aplicável. O objetivo deste trabalho foi avaliar, por meio de auditoria energética, o desempenho energético e as condições de conforto térmico propiciadas pelo sistema de climatização artificial dos espaços administrativos dos Departamentos de Engenharia Elétrica e Mecânica do CEFET, em Belo Horizonte - MG. Os resultados da auditoria indicaram inconformidades como ausência de sistema de renovação de ar, ineficiência das rotinas de manutenção e não atendimento das condições de conforto térmico pelo sistema de ar condicionado. Foram verificadas estratégias para melhoria da eficiência do sistema, como implantação do Plano de Manutenção, Operação e Controle (PMOC) visando a uma manutenção mais eficiente, retrofitting do sistema e estratégias de redução de carga térmica relacionadas à fachada e ao espaço condicionado. Os resultados obtidos poderão auxiliar a tomada de decisão em ações futuras.*

**Palavras-chave:** Auditoria energética, climatização artificial, instituição de ensino.

### ABSTRACT

*The energy audit in Brazil is still not common in public school buildings. This process allows evaluating building standard conformities, operational systems performance, energy efficiency, and user satisfaction related to its indoor thermal comfort conditions. Thus, it is possible to verify the existing condition and propose energy efficiency measures, if applicable. The objective of this work was to evaluate, by energy audit, the air conditioning system performance and the comfort conditions provided on administrative spaces of the CEFET Departments of Electrical and Mechanical Engineering, in Belo Horizonte (Brazil). The results indicated standards nonconformities and inefficient maintenance procedures. Besides, strategies to enhance the air conditioning system efficiency were evaluated, such as improve*

---

<sup>1</sup>PAIVA, Nathan M.; CASTRO, Isabela C.; OLIVEIRA, Raquel D.; LIMA, Frederico R. S. Auditoria energética de sistema de climatização artificial em Instituição Federal de Ensino Superior. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 18., 2020, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2020.

*the maintenance procedures and system retrofitting and also building thermal load reduction. The results obtained may assist decision making in future actions.*

**Keywords:** *Energy audit, air conditioning system, educational institution.*

## 1 INTRODUÇÃO

O diagnóstico energético consiste na avaliação da eficiência de uma edificação a fim de identificar medidas para melhoria do seu desempenho energético (CBCS; MITSIDI, 2016). Esse processo visa a detectar problemas operacionais, melhorar as condições de conforto ambiental, otimizar a utilização da energia da edificação, além de identificar oportunidades de redução de consumo energético (ALAJMI, 2012). Sua ocorrência deve ser periódica e incluir avaliação da mudança de uso da edificação, das condições dos equipamentos e a aplicabilidade de tecnologias energeticamente eficientes (ASHRAE, 2006). Seu início se dá a partir da definição do escopo por parte do(s) auditor(es), que deve(m) determinar os recursos necessários para a realização do processo e as informações a serem levantadas.

Os sistemas de climatização artificial representam, em média, 30% do consumo total das edificações (COSTA, 2016) e, portanto, impactam de forma significativa na sua eficiência energética. Um baixo consumo energético pode mascarar um sistema subdimensionado, comprometendo o conforto térmico dos ocupantes (CBCS; MITSIDI, 2016). O uso inadequado do seu modo de operação pode representar, também, um desperdício energético. Além do consumo energético, durante a auditoria deve ser analisada a eficiência do sistema de climatização levando-se em conta as variáveis que impactam as condições para obtenção de conforto térmico (PÓVOA, 2014). No diagnóstico de eficiência deste sistema devem ser analisadas as variáveis: temperatura do ar, umidade relativa, velocidade do ar, níveis de ruído, conforme NBR 16401 (2008). De acordo com essa norma, o sistema de ar condicionado deve ser considerado satisfatório para no mínimo 80% dos ocupantes. Em relação aos aspectos energéticos, devem ser atendidos os parâmetros do *Standard 90.1* (ASHRAE, 2016), que estabelece padrões de energia para edifícios.

Considerando que sistemas Split e Janela, com eficiência classe A, podem reduzir o consumo de 22,8 a 32,8%, Battle (2015) propôs mudanças destes equipamentos na Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI). Apesar de representarem 30,2% do consumo total do campus apenas 30 e 25% dos aparelhos (blocos I e G, respectivamente) estavam em bom estado. Como resultado, obteve-se potencialmente 45.984,92 e 29.159,31 kWh/ano de economia nos blocos I e G.

A literatura indica redução do consumo para climatização como resultado de auditoria energética e suas recomendações. Em um edifício institucional, estudo apresentou potencialmente 42% de redução no consumo energético deste sistema (RAHMAN; RASUL; KHAN, 2010). Já no retrofitting de mais de 130 edificações, inclusive prédios institucionais, observou-se 20% de redução de consumo energético para climatização após a melhoria da sua eficiência operacional. Neste contexto, o objetivo deste estudo foi realizar auditoria energética para avaliar as condições de conforto ambiental das repartições administrativas do CEFET MG, e, se necessário, propor melhorias para tornar o seu sistema de climatização mais eficiente.

## 2 MÉTODO

A metodologia desta pesquisa divide-se em três etapas: 1) Caracterização do objeto de estudo; 2) Auditoria Energética simplificada; 3) Análise dos resultados e proposições de melhorias, caso aplicáveis.

## 2.1 Caracterização do objeto de estudo

O objeto em estudo refere-se a parte de uma edificação que compõe o CampusNova Gameleirado CEFET, localizado em Belo Horizonte (MG). As repartições administrativas escolhidas para a análise abrangem os Departamentos de Engenharia Elétrica (DEE) e Mecânica (DEM) situados no 2º pavimento do prédio 7 (Figura 1). Destacou-se na cor azul a posição em que se localiza o DEE e, em vermelho, o DEM (Figura 2). O espaço é climatizado artificialmente (Figuras 3 e 4) e o edifício não dispõe de dispositivos externos de proteção solar.

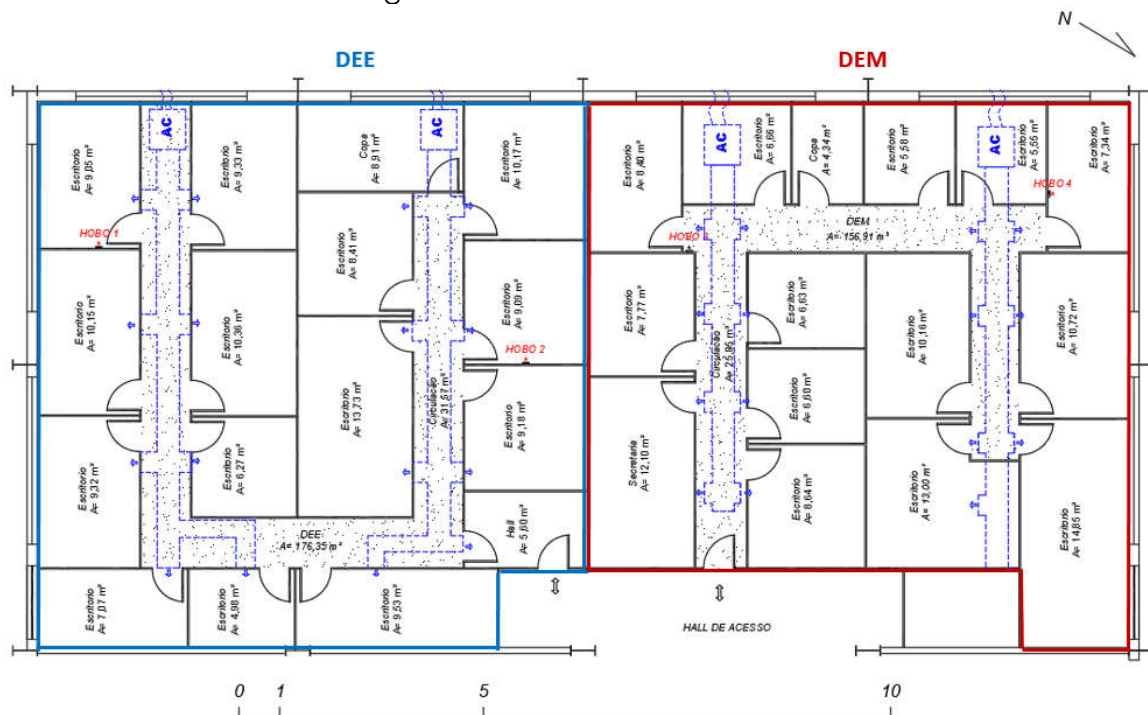
Figuras 1, 2, 3 e 4 – Implantação, Perspectiva e Vistas internas do DEE e DEM



\*Fonte: Adaptado de GOOGLE MAPS (2020)

O DEE dispõe de Hall, circulação, copa e 14 gabinetes de trabalho para 1 ou 2 ocupantes, conforme layout proposto no projeto, totalizando, aproximadamente, 176m<sup>2</sup>, e o DEM dispõe de secretaria, circulação, copa e 13 Gabinetes de Trabalho para 1 ou 2 ocupantes, totalizando, aproximadamente, 157m<sup>2</sup> (Figura 5). Os ambientes dispõem de sistema de ar condicionado do tipo Split com dutos aparentes para distribuição e insuflamento do ar refrigerado (Figuras 3 e 4).

Figura 5 – Planta do DEE e DEM



Fonte: Adaptado de SINFRA (2016)

## 2.2 Auditoria Energética Simplificada

Conforme o *Standard 211* (ASHRAE, 2018), os procedimentos da auditoria abrangeram os seguintes níveis: 1) Análise preliminar (*walk-through*); 2) Análise energética e 3) Análise detalhada de medidas de melhoria aplicáveis. Os níveis estão presentes no escopo de acordo com o tamanho e complexidade da edificação. Em alguns casos, a realização dos níveis 1 e 2 é suficiente para alcançar os objetivos do processo (SHAPIRO, 2009), como foi o caso deste estudo.

Na análise preliminar, realizou-se levantamento considerando as características físicas, uso e ocupação da edificação. A título de verificação, foram medidas as dimensões e registradas as disposições das salas e corredores de ambos os departamentos, utilizando-se trenas com precisão de 1mm (CBCS; MITSIDI, 2016). Complementarmente, foram levantados os materiais de fechamento dos espaços.

Buscou-se, nessa etapa, identificar medidas de eficiência e de redução de consumo aplicáveis bem como, possíveis alterações na planta. Os ambientes dos departamentos analisados são separados por divisórias suscetíveis a deslocamentos, sendo válida a proposição de uma análise mais criteriosa de alterações no *layout*.

Durante a análise energética, foram detalhados os sistemas consumidores de energia, revisadas as práticas de Operação e Manutenção (O&M), bem como listados os problemas de O&M e sugeridas ações corretivas com potencial para redução de consumo. Buscou-se estimar o impacto e o custo de implantação de cada medida proposta, com base em aspectos operacionais, de manutenção, e também outros não relacionados estritamente a energia.

Para as medições das variáveis ambientais, Temperatura do ar (T) e Umidade Relativa (UR) dos espaços internos do DEE e DEM, utilizou-se 4 *dataloggers*<sup>2</sup>. Na Figura 5, indicou-se o posicionamento dos equipamentos na planta do DEE e DEM, identificados como “Hobo 1” a “Hobo4”. A localização dos equipamentos baseou-se na ISO 7726 (1998), que estabelece 1,10m como altura representativa para indivíduos em pé ou sentados. O *standard 55* (ASHRAE, 2017) recomenda que os equipamentos fiquem localizados em um ponto representativo em relação à dispersão dos usuários no ambiente ou localizados no centro do mesmo, com um afastamento mínimo de 1m de cada parede interna. Barbosa, Weiller, Lamberts (2007) indicam, por outro lado, que a medição em um ponto próximo às fachadas sujeitas à menor insolação podem substituir o ponto central do ambiente uma vez que os dados de temperatura obtidos em ambos os casos foram semelhantes. Contudo, para qualquer um desses casos, as medições devem ser realizadas nos pontos em que há a maior probabilidade de ocorrer os maiores valores para os parâmetros térmicos. Neste contexto, os equipamentos foram posicionados em locais representativos em relação à dispersão dos usuários no ambiente, considerando as limitações do *layout* e, sem obstruir o espaço para passagem.

De forma complementar, utilizou um alicate-ampérmetro para a determinação da corrente elétrica instantânea nas três fases que entram nos departamentos, pelo quadro de distribuição, bem como aferição da tensão e obtenção de dados para o cálculo da potência. As medições foram realizadas em horários e períodos distintos para averiguar possíveis variações no uso e ocupação ao longo do ano. Desta forma, considerando o uso do espaço, definiu-se como representativos os

<sup>2</sup>Marca Onset, modelo HOBO U12-012, Canal T: Precisão:  $\pm 0,35^{\circ}\text{C}$  de  $0^{\circ}$  a  $50^{\circ}\text{C}$ , Escala: de  $-20$  a  $70^{\circ}\text{C}$ , Resolução:  $0,03$  a  $25^{\circ}\text{C}$ ; Canal UR: Precisão:  $\pm 2,5$  de  $10\%$  a  $90\%$  de UR, até um máximo de  $\pm 3,5\%$ , incluindo retardo a  $25^{\circ}\text{C}$  e  $\pm 5\%$  abaixo de  $10\%$  e acima de  $90\%$ , Escala: de  $5$  a  $95\%$ , Resolução:  $0,05\%$ .

horários de 11h30 e 14h30, períodos em que a possibilidade de ocupação máxima se mostra mais recorrente e a incidência solar, mais intensa.

### 2.3 Análise dos resultados e proposições de melhorias

A análise da eficiência energética fundamentou-se em parâmetros qualitativos, portanto, comparou-se as fontes dos dados teóricos com os resultados obtidos dos estudos de climatização e os gastos de energia elétrica. Na sequência, a partir dos resultados obtidos, foram avaliadas medidas para promover a qualidade das condições de conforto no ambiente bem como estratégias aplicáveis para melhoria da eficiência energética dos departamentos.

## 3 RESULTADOS

Após *walk-through*, verificou-se a necessidade de atualização da planta. A Figura 5 contemplou, portanto, a situação atualizada do *layout*. O local que abriga atualmente o DEE e o DEM foi utilizado para o Mestrado em Tecnologia, sendo composto por salas de aula, de reunião, coordenação, mini-auditório e 9 gabinetes.

A vedação vertical do edifício constitui-se de tijolo maciço aparente (22 x 10 x 06 cm) com 3cm de argamassa interna (25cm de espessura no total). A transmitância térmica (U) e capacidade térmica (CT) da fachada foram estimadas conforme as equações de cálculo da NBR 15.220 (2005). Sendo assim obteve-se 2,51W/m<sup>2</sup>K (U) e 442 kJ/m<sup>2</sup>K (CT). Complementarmente, obteve-se 0,67 de absorvância à radiação solar da fachada por meio de cálculo a partir de medição realizada conforme descrito por Sangoi, Ramos e Lamberts (2010) com auxílio de um espectrômetro de refletância portátil ALTA II<sup>3</sup>. O vidro utilizado na janela é do tipo incolor (4mm).

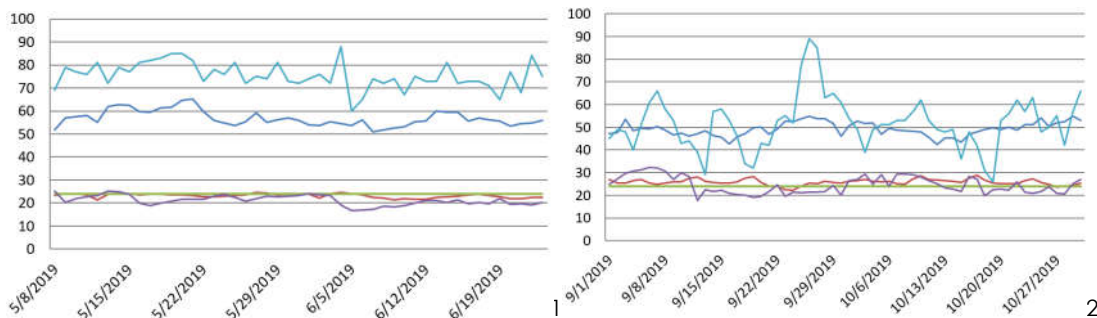
O sistema de climatização é composto por 2bi-splits dutados da marca Trane, com capacidade de 60.000BTUs cada, e um equipamento de janela da marca Elgin de 18.000 BTUs, localizado na copa do DEM. O *setpoint* definido para os ambientes foi de 24°C. Durante o período de utilização do sistema de ar condicionado, as portas de acesso aos espaços de trabalho permaneceram abertas e, as janelas e persianas, fechadas. As áreas de trabalho do DEE são separadas por divisórias até o teto (Figura 3). No DEM, existem divisórias com 2,10m de altura (Figura 4).

A estimativa de carga térmica resultou em um valor de 150.000 BTUs, indicando que a capacidade do sistema de ar condicionado pode atender, em plena carga, apenas a 92% da carga total dos ambientes. Além disso, detectou-se que um dos equipamentos encontrava-se inoperante, sendo necessária a realização de manutenção corretiva.

Os resultados foram primeiramente contrastados com o *setpoint* definido para o sistema de ar condicionado para verificação do atendimento das condições de conforto ambiental no período de pico de temperatura (entre 12 e 13h). Após essa verificação, foi analisada a viabilidade da aplicação de medidas de melhoria da eficiência energética. Os valores de temperatura e umidade relativa do ar ambiente registrados pelo Hobo 2 em contraste com os dados para o mesmo período fornecido pelos Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2019), coletados pela estação meteorológica A521, opção mais próxima da localização do estudo de caso, podem ser observados para o período mais ameno (Gráfico 1) e mais quente (Gráfico 2).

<sup>3</sup>Marca Vernier, com incerteza de  $\pm 0,10$  nos valores absolutos de refletância solar de acordo com os estudos realizados por Pereira *et al.* (2017).

Gráficos 1 e 2 – Parâmetros do ar para o período de maio a junho e setembro a outubro de 2019.



Legenda: — Umidade relativa ambiente (%); — Umidade relativa externa (%); — Temperatura ambiente (°C); — Temperatura de bulbo seco externa (°C); — Setpoint de temperatura (°C).

Apesar da inexistência de dispositivos de controle de umidade relativa do sistema de ar condicionado, observou-se a manutenção dos valores desse parâmetro dentro da faixa considerada satisfatória para conforto pela NBR16401(2008), entre 40% e 60%. Em relação ao atendimento do *setpoint*, observa-se que no período de temperaturas mais baixas do ar externo, nos meses de maio e junho, o sistema atendeu à temperatura ajustada. Porém, quando registradas temperaturas mais elevadas, nos meses de setembro e outubro, o *setpoint* não foi atendido.

A potência média demandada pelo sistema de ar condicionado foi calculada com base em medições de corrente, em Ampère (A), realizadas no quadro elétrico dedicado ao sistema de climatização. Optou-se pelo estudo dos valores de potência em Watt (W) e não do consumo em kWh, para análises mais simplificadas. Essas duas grandezas são diretamente proporcionais e, portanto, é possível chegar com coerência a conclusões sobre o consumo utilizando-se igual período de tempo para os valores analisados. Os resultados das medições de corrente nas fases R, S e T comlicate-ampérímetro, para a tensão medida de 224V, e as potências calculadas encontram-se na Tabela 1.

Tabela 1- Medições no quadro dedicado ao sistema de ar condicionado.

Período das medições	Horário	Corrente Fase R (A)	Corrente Fase S (A)	Corrente Fase T (A)	Intensidade (V)	Potência Total (W)
Maio e junho 2019	11h 30	10,20	15,50	18,40	224,00	9878,40
	16h 30	10,90	5,14	8,20	224,00	5429,76
Setembro e outubro 2019	11h 30	13,30	25,40	22,80	224,00	13776,00
	16h 30	14,92	29,61	24,57	224,00	15478,40

No momento da medição, verificou-se se os equipamentos estavam operando em velocidade máxima, para que fosse possível analisar se o sistema atende à demanda em plena carga. A ocorrência da velocidade máxima de rotação dos equipamentos foi verificada nos momentos das medições realizadas nos meses de setembro e outubro, porém não ocorreu nas medições dos meses de maio e junho.

Nos meses de maio e junho, observou-se um consumo 28,3% menor que nos meses de setembro e outubro no horário de 11h30, e 64,9% menor para o horário de 16h30. Assim, na ocorrência de temperaturas elevadas (Gráfico 2) verificou-se que o consumo do ar condicionado foi maior e o *setpoint* nesse período não foi atendido. As condições térmicas propiciadas aos ocupantes foi, portanto, insatisfatória nesse período. Nos meses de maio e junho, observou-se, ainda, o desligamento do sistema por parte dos ocupantes devido à ocorrência de temperaturas mais baixas. Foram verificadas, também, as seguintes inconformidades normativas: não atendimento

da taxa de renovação mínima de ar previsto pela NBR16401 (2008), já que não existe sistema de alimentação de ar externo; inexistência de um PMOC a ser cumprido por empresa mantenedora habilitada, conforme Lei 13589 (BRASIL, 2018).

Em síntese, após a realização do processo de auditoria verificou-se a necessidade de implantação de medidas de melhoria para atendimento das condições de conforto térmico e da eficiência energética do sistema analisado, principalmente em relação aos meses de ocorrência de temperaturas externas do ar mais elevadas. Assim, recomenda-se a aplicação de algumas estratégias tais como pintura do tijolinho aparente com cor clara e mais reflexiva, instalação de película para controle térmico dos vidros considerando a sua relevância no espaço analisado (aproximadamente 38% da área total de fachada) e/ou instalação de dispositivos externos de proteção solar tais como brises para redução da carga térmica a ser combatida pelo sistema de ar condicionado. Sugere-se, portanto, trabalhos futuros para análise da eficácia e viabilidade financeira destas medidas. De toda forma, por meio deste estudo foi possível confirmar a importância do gerenciamento energético e realização de auditorias para conhecimento das condições operacionais das edificações e proposição de melhorias. A partir de medidas de melhoria da eficiência do sistema de ar condicionado, pode-se esperar um aumento nas condições de conforto dos ocupantes e redução de consumo da edificação, conforme observado na literatura (RAHMAN; RASUL; KHAN, 2010).

#### 4 CONCLUSÕES

Este estudo possibilitou analisar as condições operacionais de uma edificação e diagnosticar o potencial de melhoria da sua eficiência energética, com ênfase nos parâmetros de conforto térmico e consumo energético relacionados ao sistema de ar condicionado. O *Walk-Through* permitiu caracterizar e apontar estratégias de melhoria para o sistema de climatização artificial dos espaços de trabalho do DEM e DEE do CEFET MG. A realização de *retrofitting* do sistema pode ser uma alternativa para adequá-lo à carga térmica da edificação, mas deve ser analisado o aumento de consumo que pode ocorrer caso essa sugestão seja implantada. Foram sugeridas também medidas que requerem análise de *payback*, como instalação de brises para redução da carga térmica a ser combatida pelo sistema de ar condicionado. As medidas de melhoria das rotinas de manutenção preventiva, realização de manutenção corretiva do equipamento que estava inoperante e a limpeza dos filtros deverão ser implantadas. Seu impacto poderá ser notado na melhoria da eficiência do sistema e a real necessidade das medidas de maior custo poderá ser posteriormente avaliada. Os resultados alcançados poderão referendar o processo de tomada de decisões para futuras ações da instituição nestes espaços além de servir como referência para projetos semelhantes. Trabalhos futuros poderão quantificar o potencial destas medidas por meio de simulações.

#### AGRADECIMENTOS

Ao CEFET-MG, pelo auxílio ao desenvolvimento deste trabalho. Ao Rafael Gros da Université Grenoble Alpes pelo apoio nas medições. Ao Marcos Lins de Oliveira pela colaboração durante a quarentena para confirmar alguns dados desta pesquisa.

#### REFERÊNCIAS

ABNT ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16401**: Instalações de ar condicionado. Sistemas centrais e unitários, 2008.

\_\_\_\_\_. **NBR 15220**: Desempenho térmico de edificações. Rio de Janeiro, 2005.

ALAJMI, A. Energy audit of an educational building in a hot summer climate. **Energy and Buildings**, n. 47, p. 122-130, 2012.

ASHRAE AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS. **ANSI/ASHRAE Standard 55**. Thermal environmental conditions for human occupancy. ASHRAE, Atlanta, 2017.

\_\_\_\_\_. **ANSI/ASHRAE Standard 90.1**. Thermal environmental conditions for human occupancy. ASHRAE, Atlanta, 2016.

\_\_\_\_\_. **ANSI/ASHRAE Standard 100**. Energy conservation in existing building. ASHRAE, Atlanta, 2006.

\_\_\_\_\_. **ANSI/ASHRAE Standard 211**. Standard for Commercial Building Energy Audits. ASHRAE, Atlanta, 2018.

BATLLE, Eric Alberto Ocampo. **Modelo de Gestão Energética para a Diminuição do Consumo Energético e Impactos Ambientais de Instituições de Educação Superior "IES"**: Estudo de Caso Universidade Federal de Itajubá. 2015. 169 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Energia) – Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2015.

BARBOSA, M. J.; WEILLER, G. C. B.; LAMBERTS, R. Disposição dos equipamentos para medição da temperatura do ar em edificações. **Ambiente Construído**, n. 48, 2007, p. 89–108.

BRASIL. Presidência da República Federativa do Brasil. **Lei nº 13.589** de 04 de janeiro de 2018. Dispõe sobre a manutenção de instalações e equipamentos de sistemas de climatização de ambientes. PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL. Legislação. Brasília, [200-]. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2015-2018/2018/lei/l13589.htm#:~:text=Art.,potenciais%20C3%A0%20sa%C3%BAde%20dos%20ocupantes](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2018/lei/l13589.htm#:~:text=Art.,potenciais%20C3%A0%20sa%C3%BAde%20dos%20ocupantes)>. Acesso em 03 maio 2020.

CBCS CONSELHO BRASILEIRO DE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL; MITISIDI Serviços e Projetos LTDA, **Guia Diagnóstico Energético em Edificações**. São Paulo: CBCS; MITISIDI, 2016.

COSTA, Clécio. **Um estudo sobre adaptações para redução do consumo de energia elétrica em sistemas de ar condicionado**. 2016. 102 f. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação). Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2016.

INMET INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. Rede de Estações - Estações Automáticas - Estação: Belo Horizonte - Pampulha-A521 - Código OMM: 86800. Brasília, [201-]. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=estacoes/estacoesAutomaticas>>. Acesso em: 05 jan. 2020.

ISO INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 7726**: Ergonomics of the thermal environment - Instruments and methods for measuring physical quantities. Genebra, 1998.

PEREIRA, C. D.; MARINOSKI, D. L.; LAMBERTS, R.; GÜTHS, S.; GHISI, E. Avaliação experimental do espectrômetro Alta II e sua aplicação na normatização brasileira. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 17, n. 4, out./dez. 2017, p. 197-213.

PÓVOA, M.C.B.L. **Fatores de influência na Eficiência Energética**. 2014. Monografia (Graduação) - Engenharia Elétrica da Escola Politécnica. Rio de Janeiro, Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), 2014.

RAHMAN, M.M.; RASUL, M.G.; KHAN, M.M.K. Energy conservation measures in an institutional building in sub-tropical climate in Australia. **Applied Energy**, n. 87, 2010, p. 2994–3004.

SAGOI, J. M.; RAMOS, G.; LAMBERTS, R. Análise das medições de absorvância através do Espectrômetro alta II. In: XIII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído (ENTAC), 2010, Canela. **Anais...** Canela: Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, Porto Alegre, 2010. P. 1-9.

SINFRA SUPERINTENDÊNCIA DE INFRAESTRUTURA. *As Built* dos Prédios 6 e 7. Belo Horizonte: CEFET MG, [2016].