

# EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES: PARÂMETROS DE ETIQUETAGEM E CONFORTO TÉRMICO EM EDIFÍCIOS DA UNICAMP

**Palavras-Chave:** Eficiência energética, Edificações públicas, Etiqueta

**Autores/as:**

**Isabela Assis da Silva [UNICAMP]**

**Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Lucila Chebel Labaki (orientadora) [UNICAMP]**

---

## INTRODUÇÃO:

Nos últimos cinco anos, o planeta foi cenário do aumento em 20% da emissão de dióxido de carbono e do aumento de 0,2°C o que traz severas consequências ao meio ambiente (WMO, 2019). Dentre as atividades humanas que emitem gases poluentes na atmosfera está a geração de energia. Por exemplo, no Brasil cerca de 11,5% do CO<sub>2</sub> emitido em 2018 teve como origem o setor de geração elétrica (BRASIL, 2019). Uma proposta para mitigação destes impactos é o investimento em eficiência energética.

A interação de uma edificação com o meio influi totalmente na energia demandada por ela. A partir de procedimentos metodológicos pode-se diagnosticar o desempenho energético da edificação através dos diagnósticos parciais da envoltória, iluminação e ar condicionado, que serão abordados a seguir. Este desempenho é resumido na Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) que varia de A (sistema mais eficiente em termos energéticos) até E (menos eficiente)

O objetivo inicial do projeto era analisar parâmetros qualitativos de eficiência energética do edifício do Ginásio Multidisciplinar da Unicamp por meio do método prescritivo estabelecido no Manual para Aplicação do RTQ-C. Entretanto, pela dificuldade na obtenção de dados deste prédio durante a pandemia, optou-se por estudar o edifício administrativo da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo (FEC), na Unicamp.

As atividades desenvolvidas fazem parte do subprojeto 7 de etiquetagem, realizadas pelo Laboratório de Conforto Ambiental e Física Aplicada (LACAF) da Universidade Estadual de Campinas, em conjunto com o Projeto Campus Sustentável. Trata-se de Projeto de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) supervisionado pela ANEEL, tendo a CPFL como entidade proponente e a UNICAMP como instituição executora.

## METODOLOGIA E RESULTADOS:

Para determinação da eficiência do edifício é necessário avaliar a envoltória, o sistema de iluminação e condicionamento de ar. A envoltória é o fechamento dos ambientes internos que estão em contato com o meio exterior, excluindo-se parcelas construídas no subsolo da edificação. Sua classificação ocorre através de um indicador que compila diferentes parâmetros que caracterizam a edificação, conforme apresentado na Tabela 1. Estes indicadores são obtidos com auxílio do AutoCad para obtenção das medidas em plantas, cortes e vistas do prédio. A partir do índice calculado, obtém-se que o nível da eficiência da envoltória é B (A corresponde ao nível mais eficiente e E ao nível menos eficiente).

Tabela 1 - Parâmetros para determinação do nível de eficiência da envoltória.

Parâmetro	Valor
Área de projeção da cobertura (Apcob)	724,43 m <sup>2</sup>
Área de projeção do edifício (Ape)	721,61 m <sup>2</sup>
Área da envoltória (Aenv)	2782,39 m <sup>2</sup>
Área útil (AU)	1926,56 m <sup>2</sup>
Área total construída (Atot)	2164,84 m <sup>2</sup>
Volume total da edificação (Vtot)	9875,88 m <sup>3</sup>
Fator Altura (FA)	0,33
Fator de Forma (FF)	0,28
PAFo	10,26 %
PAFt	28,98 %
Percentual de abertura zenital (PAZ)	0 %
AHS	23,12 °
AVS	9,47 °
FS	0,83

Além da classificação mencionada, a envoltória deve atender aos pré-requisitos específicos para cada nível de eficiência; quanto mais elevado o nível pretendido, mais restritivos são os requisitos a serem atendidos. Os pré-requisitos se referem à transmitância (transmissão de calor em unidade de tempo e através de uma área unitária de componentes opacos) das paredes externas e coberturas e absortância. Os valores calculados para o edifício não podem superar os limites estabelecidos para a zona bioclimática em que o prédio se encontra, conforme resumido nas Tabelas 2 e 3.

Tabela 2 - Verificação dos pré-requisitos da cobertura.

Nível	Transmitância calculada (W/m <sup>2</sup> K)	Transmitância limite (W/m <sup>2</sup> K)	Absortância calculada	Absortância limite
A	1,54	1	0,362	0,5
B e C		1		-
D		2		-

Tabela 3 - Verificação dos pré-requisitos das paredes externas.

Nível	Transmitância calculada (W/m <sup>2</sup> K)	Transmitância limite (W/m <sup>2</sup> K)	Absortância calculada	Absortância limite
A	2,76	2	0,376	0,5
B e C		2		-
D		3,7		-

Como tanto a transmitância da parede, quanto da cobertura são superiores aos seus limites, o nível de eficiência da envoltória não pode ser B, conforme calculado, mas sim, D.

Já a avaliação da eficiência do sistema de iluminação envolve o estudo dos níveis de iluminância para cada tarefa a fim de comparar com os níveis considerados adequados buscando o mínimo consumo de energia, bem como a menor geração de carga térmica possível. Ela pode ocorrer pelo método da área do edifício ou pelo método das atividades do edifício. Uma vez que o prédio administrativo da FEC possui mais de três atividades principais, aplicou-se o método das atividades do edifício. As potências instaladas foram determinadas a partir do levantamento das lâmpadas existentes no prédio e os limites, de acordo com o apontado no Manual RTQ-C (2017) conforme resumido na Tabela 4.

Tabela 4 – Potência instalada e máximas aceitáveis para o nível de eficiência pretendido.

Atividade	Área(m <sup>2</sup> )	Potência Instalada (W)	Potência Limite - A (W)	Potência Limite - B (W)	Potência Limite - C (W)	Potência Limite - D (W)
Escadas	12,36	64,0	91,5	109,8	128,0	146,3
Banheiros	4,86	72,0	24,3	29,2	34,0	38,9
Circulação	526,23	2376,0	3736,2	4483,5	5230,7	5978,0
Depósitos	51,64	414,0	258,2	309,8	361,5	413,1
Escritório	500,56	4374,0	5956,7	7148,0	8339,3	9530,7
Laboratórios para Salas de Aula	247,66	1620,0	2526,1	3031,4	3536,6	4041,8
Casa de máquinas	24,86	144,0	149,2	179,0	208,8	238,7
Sala de espera, convivência	33,86	828,0	203,2	243,8	284,4	325,1
Sala de Reuniões, Conferência, Multiuso	462,31	6228,0	5501,5	6601,8	7702,1	8802,4
<b>TOTAL</b>	<b>1864,34</b>	<b>16120,0</b>	<b>18446,8</b>	<b>22136,2</b>	<b>25825,5</b>	<b>29514,9</b>

Nota-se que a potência instalada (16.210 W) é inferior à menor potência limite calculada (18.446,8 W). Desse modo, o nível de eficiência do sistema de iluminação da edificação seria A, entretanto, ainda é necessário avaliar os pré-requisitos deste sistema que são: existência de divisão de circuitos, contribuição da luz natural e desligamento automático do sistema de iluminação.

O pré-requisito de divisão dos circuitos estabelece que ambientes com áreas inferiores a 250 m<sup>2</sup> devem possuir pelo menos um dispositivo, o que é satisfeito uma vez que FEC todos os ambientes possuem área inferior a 250m<sup>2</sup> e pelo menos um dispositivo de controle. Já o pré-requisito de desligamento automático do sistema de iluminação não se aplica uma vez que se refere apenas a ambientes com área superior a 250 m<sup>2</sup>.

Por fim, o pré-requisito de contribuição da iluminação natural estabelece que ambientes com contribuição de luz natural (aberturas voltadas para o ambiente externo e com mais de uma fileira de luminárias paralelas às aberturas) devem possuir um controle instalado para acionamento independente da fileira de luminárias mais próxima à abertura, objetivando melhor aproveitamento da luz natural disponível. Como este pré-requisito não é satisfeito no prédio administrativo da FEC, o nível de eficiência do sistema de iluminação do prédio fica limitado a C.

Por fim, para determinação do nível de eficiência do sistema de condicionamento de ar, foi necessário solicitar a lista de bens patrimoniais do prédio e relacionar os códigos de cadastro dos aparelhos de cada sala com as especificações técnicas de cada equipamento. Dotados de tais informações, pôde-se determinar a eficiência do prédio do sistema de condicionamento de ar através de uma ponderação do equivalente numérico da eficiência de cada aparelho (A = 5, B = 4, C=3, D=2; E=1) por sua potência em BTU/h, uma vez que todos os aparelhos possuem etiqueta de eficiência energética, com exceção de um modelo (para este adotou-se nível E).

A potência instalada total resultou em 1.175.650 BTU/h e o equivalente numérico de eficiência calculado foi de 3,17, que implica em nível C, conforme intervalos da Tabela 5.

Tabela 5 - Classificação em função da pontuação total.

CLASSIFICAÇÃO FINAL	PT
A	≥4,5 a 5
B	≥3,5 a <4,5
C	≥2,5 a <3,5
D	≥1,5 a <2,5
E	<1,5

Fonte: Manual para aplicação do RTC-Q (2017).

A verificação dos pré-requisitos deste sistema é necessária apenas para o nível A, portanto não se aplica neste caso.

Além das etiquetas parciais por sistema, o Manual RTQ-C (2017) prevê bonificações para elementos existentes no edifício que aumentam a eficiência da edificação e podem acrescentar até um ponto na classificação, estão presentes no prédio administrativo da FEC os painéis fotovoltaicos. Para que a bonificação relacionada a este sistema seja considerada em sua totalidade, os painéis devem proporcionar economia mínima de 10% no consumo anual de energia elétrica do edifício.

Como o consumo de energia elétrica no prédio administrativo da FEC foi estimado em 60,50 kWh/ano (FONTOLAN; 2020) e a geração de energia pelos painéis como 15,84 MWh/ano (SILVA; 2020), há economia de cerca de 26% do consumo total de energia do edifício. Portanto, a bonificação relacionada à iniciativa dos painéis solares pode ser considerada na íntegra, ou seja, será somado um ponto no cálculo da classificação geral.

## DISCUSSÃO:

Apresentados todos os dados, etiquetas parciais e características da edificação, calcula-se a pontuação total como 4,2, que equivale ao nível de eficiência B. O que deve ser verificado ainda pelos pré-requisitos gerais. O primeiro pré-requisito geral é o dos Circuitos Elétricos. Para os níveis A e B, é exigido que os circuitos elétricos sejam separados por uso final (iluminação, sistema de condicionamento de ar, e outros). Entretanto, dentre as exceções estão as edificações cuja data de construção seja anterior a junho de 2009, que é o caso da FEC. Logo esta verificação não é necessária.

O segundo pré-requisito se trata sobre o Aquecimento de Água e se aplica em edificações com elevada demanda de água quente, que também não é o caso da FEC, portanto não precisa ser verificado. Em outras palavras, especificamente para este edifício os pré-requisitos gerais não interferirão no nível de eficiência obtido pela ponderação através da pontuação geral e o nível de eficiência permanece como B.

## CONCLUSÕES:

Em suma, os resultados do estudo apontam que o edifício administrativo da FEC tem um bom nível de eficiência energética. Entretanto ainda existem possibilidades de melhoria como a adaptação para acionamento independente das fileiras de luminárias mais próximas às aberturas voltadas para o ambiente externo; implementação de sistema de isolamento térmico nos painéis solares, para que o limite da transmitância maior uma vez que é mais restrito para prédios com painéis solares sem sistema de isolamento. Outra medida seria a troca de aparelhos de ar condicionado do prédio uma vez que alguns deles possuem baixo grau de eficiência.

## BIBLIOGRAFIA

- BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Resenha Energética Brasileira**. Edição 2019. Brasília: MME, 2019, 32 p.
- ELETROBRÁS/PROCEL. **Manual para Aplicação do RTQ-C**. Comercial, de Serviço e Público. Versão 4. Abril de 2017. 213 p.
- FONTOLAN, A. [Correspondência eletrônica]. Destinatário: Isabela Assis da Silva. 10 nov. 2020.
- SILVA, J. L. S. [Correspondência eletrônica]. Destinatário: Isabela Assis da Silva. 19 out. 2020.
- WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION. **The Global Climate in 2015 - 2019**. Geneva: 2019, 24p