

## **DIAGNÓSTICO DA VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA PARA AÇÃO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NO CENTRO DE TECNOLOGIA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ**

GABRIEL MENDES RODRIGUES<sup>1</sup>, CARLOS EDUARDO DE JESUS BORGES DA SILVA<sup>2</sup>, FÁBIO ROCHA BARBOSA<sup>3</sup>.

<sup>1</sup>Graduando em Engenharia Elétrica, UFPI, Teresina-PI, gb\_mendesrodrigues@hotmail.com;

<sup>2</sup>Graduando em Engenharia Elétrica, UFPI, Teresina-PI, kadudije@gmail.com;

<sup>3</sup>Dr. em Engenharia Elétrica, Coordenador do curso de engenharia elétrica, UFPI, fabiorocha@ufpi.edu.br;

Apresentado no  
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC  
Palmas/TO – Brasil  
17 a 19 de setembro de 2019

**RESUMO:** Este trabalho está englobado no contexto do Projeto de Eficiência Energética da Universidade Federal do Piauí, coordenado pela Comissão Interna de Conservação de Energia – CICE, do Centro de Tecnologia do campus Ministro Petrônio Portela, e adequação aos requisitos do regulamento RTQ-C (Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas), necessário para adesão ao PBE Edifica (Programa Brasileiro de Etiquetagem), e à norma ABNT NBR ISO/CIE 8995-1:2013, que trata das especificações da iluminação em ambientes de trabalho. Para isso, serão apresentadas duas propostas de retrofit utilizando dados das tabelas de medições feitas em cada sala dos blocos e, posteriormente, avaliadas suas classificações no programa quanto ao sistema de iluminação e refrigeração. Por fim, uma comparação do consumo energético e custo dos projetos desenvolvidos neste trabalho será feita em relação ao sistema empregado atualmente no centro, de forma a verificar sua viabilidade de implementação.

**PALAVRAS-CHAVE:** Eficiência Energética. Etiquetagem de Edificações. Iluminância. Regulamento RTQ-C. Sistema de Iluminação.

### **DIAGNOSIS OF THE TECHNICAL AND ECONOMIC VIABILITY FOR ENERGY EFFICIENCY ACTION AT THE FEDERAL UNIVERSITY OF PIAUÍ TECHNOLOGY CENTER**

**ABSTRACT:** This work is included in the context of the Energy Efficiency Project of the Federal University of Piauí, with the adaptation to the requirements of the Technical Regulation (RTQ-C) of the Quality for the Energy Efficiency Level of Commercial, Services and Public Editions, required for adherence to the PBE Buildings (Brazilian Labeling Program), and to ABNT NBR ISO / CIE 8995-1: 2013, which deals with specifications lighting in work environments. To do this, make sure that the two retrofit measures have been applied in the measurement tables in all the class blocks, and then their ratings are not related to the lighting and cooling system. Finally, a comparison of the energy consumption and certain types of data that can be made in relation to the system currently in the center, in order to verify its feasibility of implementation.

**KEYWORDS:** Energy Efficiency. Building Labeling. RTQ-C Regulation. Illumination System.

### **INTRODUÇÃO**

O Programa de Eficiência Energética regulado pela ANEEL tem como objetivo principal promover o uso eficiente e racional de energia elétrica em todos os setores da economia, por meio de projetos que demonstrem a importância e a viabilidade econômica de ações no combate ao desperdício de energia e de melhoria da Eficiência Energética de equipamentos, processos e usos finais de energia (PEE et al., 2017).

Conforme legislação federal e regulamentação energética, as concessionárias de energia elétrica aplicam uma parcela da sua receita operacional líquida na realização de atividades de pesquisa e

desenvolvimento tecnológico do setor elétrico, bem como em ações de eficiência energética. Nesse aspecto o projeto que integra o Programa de Eficiência Energética, executado pela Comissão de Conservação de Energia – CICE da UFPI, promoveu uma proposta direcionada a concessionária de energia do Piauí (CEPISA) atual Equatorial, contendo a substituição de aparelhos de ar-condicionado e de luminárias atuais por mais eficientes nos blocos de engenharia e arquitetura do centro.

As ações tiveram como embasamento teórico o Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C), e em vista da grande importância da iluminação para o ambiente interno de uma edificação, foi usada a norma que refere as condições para implementar uma iluminação saudável feita pela ABNT NBR ISO/CIE 8995- 1:2013, (ABNT NBR et al., 2013) que apresenta novas condições a serem satisfeitas em todo projeto luminotécnico.

Em busca de um consumo da energia mais consciente, o Inmetro iniciou em 1984, discussões com a sociedade sobre programas de racionalização do uso da energia no Brasil, informando aos consumidores sobre a eficiência energética de cada produto. (PBE Edifica et al., 2017). Em parceria com o PROCEL, coordenado pelo MME e executado pela Eletrobrás, o Inmetro desenvolveu a Etiqueta PBE Edifica, a qual faz parte do Programa Brasileiro de Etiquetagem. Seu objetivo consiste em avaliar as edificações em três categorias principais: envoltória, iluminação e condicionamento de ar. Assim, o PBE apresenta critérios e condições para tornar equipamentos eletroeletrônicos, automóveis e até edifícios mais rentáveis, mas que continuem a oferecer a qualidade desejada.

Um desses procedimentos é a ENCE, que para adquiri-la, as edificações devem atender aos requisitos estabelecidos no regulamento RTQ-C. Seu propósito inicial era apresentar medidas de eficiência a serem acatadas de forma voluntária, porém adquiriu um caráter mais obrigatório para atingir determinadas metas do Plano Nacional de Eficiência Energética (MME et al., 2009). Logo, publicou-se a Instrução Normativa 02/2014, estabelecendo o uso da ENCE nos novos projetos de edificações públicas federais ou naqueles que receberem reformas e adaptações em suas instalações (retrofit).

Figura 1 - Centro de Tecnologia da Universidade Federal do Piauí



Fonte: Página do Centro de Tecnologia no Facebook<sup>1</sup>

O Centro de Tecnologia da Universidade Federal do Piauí foi implantado através da resolução nº 38 do Conselho Diretor da Universidade Federal do Piauí, a 25 de agosto de 1975, sendo inicialmente constituído pelas Coordenações de Ciências Agrárias e de Tecnologia.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

Para a realização do trabalho foi feito o diagnóstico energético em 5 blocos do centro. A medição e verificação foi baseada no PIMVP (Protocolo Internacional de Medição e Verificação), no qual foram escolhidos dois sistemas isolados, sendo estes: iluminação e condicionamento de ar.

Durante a coleta de dados, foram utilizados trena a laser, luxímetro digital e tablet ou celular com Excel. Os dados de iluminação e condicionamento de ar foram coletados no período entre janeiro

<sup>1</sup> Disponível em: <<https://pt-br.facebook.com/pages/category/College---University/Centro-de-Tecnologia-UFPI-229443223930145/>>. Acesso em: 01/03/2019.

e fevereiro de 2019 optando-se por dias de céu aberto para garantir uniformidade nos valores medidos, uma vez que há interferência da luz natural, no caso da iluminação. Além de informações dos sistemas instalados, foram coletados dados relacionados ao uso do ambiente como quantidade de pessoas e equipamentos eletrônicos utilizados, e também relacionados à sua estrutura física como dimensões.

Por fim, para concluir o diagnóstico energético, foi feita a etiquetagem de cada ambiente dos blocos de estudo, tanto para iluminação quanto condicionamento de ar. Nessa etapa, foi escolhido o método das atividades da edificação conforme Manual RTQ-C, onde cada ambiente recebeu etiqueta de A até E, para iluminação e condicionamento de ar, ou NC caso a iluminância medida não estivesse de acordo com a NBR ISO 8995. Assim como selo PROCEL, “A” se refere ao ambiente mais eficiente, “E” ao menos eficiente e NC não classificado. A tabela 1 exemplifica a etiquetagem de dois ambientes.

Tabela 1. Planilha de etiquetagem do ambiente.

Método das atividades do edifício											
Ambiente	Potência Limite A	Potência Limite B	Potência limite C	Potência Limite D	Potência Instalada	Iluminância média (lux)	Área (m <sup>2</sup> )	Etiqueta	ISO8995	RTQ -C	Lux Médio - Norma
Secretaria	108,3531	130,0238	151,6944	173,365	124	177,36	9,1	NC	Escritório	Escritório	300
Núcleo de maquetes e modelos reduzidos (salinha)	451,0871	541,3045	631,522	721,7394	496	775,263	26,37	B	Salas de Arte em escolas de arte	Oficina - Seminários, cursos	750

Fonte: elaborado pelos autores.

Como maioria dos ambientes recebeu classificação diferente de A ou não estava de acordo com a normas NBR ISO 8995, foi realizado, então, o dimensionamento de novos sistemas. No caso da iluminação foi utilizado o método dos lúmens encontrado em CREDER, H. Instalações elétricas 16. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016. Cap. 13. Que consiste em encontrar o lux necessário de acordo com a norma a partir do número de lúmens fornecidos pelas lâmpadas propostas como visto na tabela 1.

Tabela 2. Cálculo do número de lâmpadas a partir do método dos lúmens.

Ambiente	Área	Altura ao plano de trabalho	Índice Local	Refletância	Coefficiente de utilização K	Fator de depreciação	Nível de iluminância (luxes)	Fluxo luminoso total (lumens)	Fluxo por luminária	Número de Luminárias	Total lâmpadas
Secretaria	8,75	1,95	0,75	771	0,5	0,8	300	6562,5	4000,00	1,64	3,28

Fonte: elaborado pelos autores.

Para dimensionar os condicionadores de ar do sistema proposto foi usado o método das séries temporais radiantes, descrito detalhadamente na referência bibliográfica X, além disso a norma NBR 16 401 oferece os critérios a serem seguidos por esse método. O método consiste em pegar a carga térmica de cada fonte de calor isoladamente e as soma para obter a carga térmica total do ambiente, a tabela 2 descreve como foi feito o cálculo para um determinado ambiente.

Tabela 3. Cálculo da carga térmica mínimo do ambiente.

Ambiente	Volume	Condução (Kcal)	Janela (Kcal)	Pessoas (Kcal)	Porta (Kcal)	Aparelhos Eletrônicos (Kcal)	Total (Kcal)	Total KBTU mínimo	Proposta	
Secretaria	26,7	480	444	125	250	630	1929	7,716	1 x 9 Kbtu	Substitui

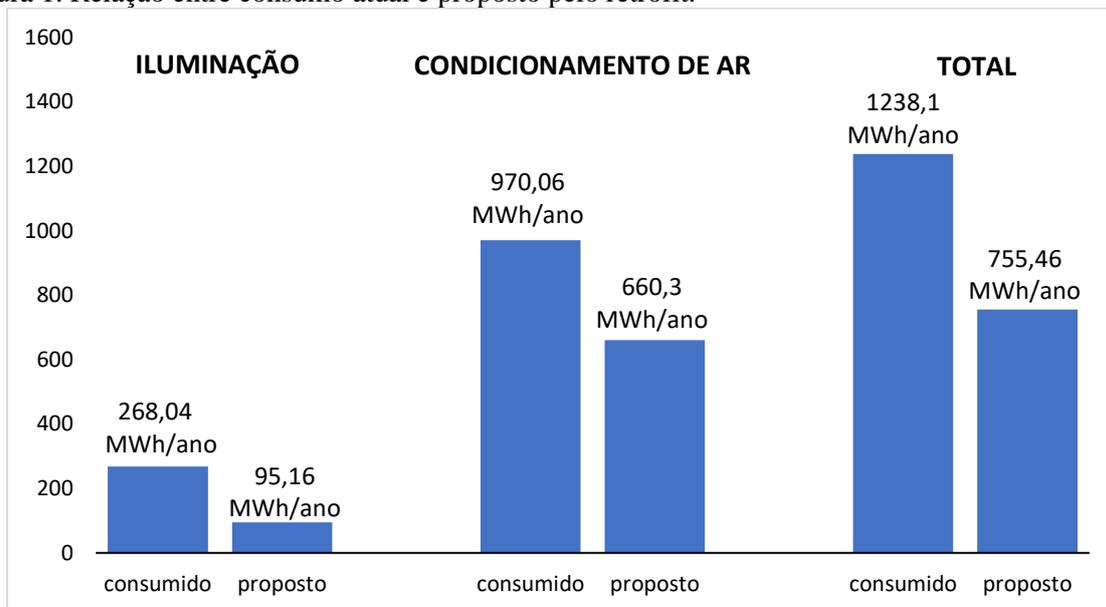
Fonte: elaborado pelos autores.

A partir do sistema proposto é feito o cálculo das economias estimadas. Para isso é utilizada a planilha RCB disponibilizada pela concessionária de energia. Por meio dela é possível saber se o retrofit é viável ou não através de um índice que quantifica a relação custo benefício das AEEs (Ação de Eficiência Energética).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com classificação “A” para todo sistema proposto e tomando como base de cálculo um período útil de atividades nos blocos estudados de 14 horas, além de adequada as tarifas que são feitas à universidade na tabela para a classe de consumo A4 (De 2,3 kV a 25 kV), foi possível adequar a planilha de cálculo do RCB para analisar o sistema atual e proposto referente a iluminação, condicionamento de ar e consumo total (Figura 1). Pelos resultados obtidos, é possível inferir que o consumo de energia do setor em questão diminuiu após a ação de eficiência energética por volta de 39%, possibilitando assim uma economia na fatura elétrica expedida pela UFPI à concessionária.

Figura 1. Relação entre consumo atual e proposto pelo retrofit.



Fonte: elaborado pelos autores.

A figura 2 mostra a viabilidade econômica para a instalação do sistema proposto nos blocos em questão. Tomando como o limite da relação custo benefício 0,75 o projeto apresentado obteve um grande desempenho de 0,35, portanto, sendo viável para a implementação pela Universidade Federal do Piauí. Se unidas as demandas atuais com a energia necessária nos horários de ponta e fora ponta (horários de maior e menor consumo da rede) é totalizada uma economia anual de R\$ 225.767,53 somente nos 5 blocos onde a ação de eficiência foi realizada, com um investimento de R\$ 610.478,09.

Figura 2. Resultados obtidos com a tabela de RCB para o centro.



Fonte: Planilha RCB Eletrobrás.

A projeção para o abatimento do investimento é que por volta de 2 anos o projeto obterá o retorno esperado e a universidade possa diminuir os custos com o fornecimento de energia elétrica podendo assim direcionar esse retorno em outras áreas, como investimento em laboratórios e nas pesquisas desenvolvidas na instituição. As áreas englobadas pelo centro da universidade que foram objeto de pesquisa para as medições de luminotécnica e sistema de refrigeração de ar foram os blocos das Engenharias: Civil, Agrimensura, Produção, Mecânica e o bloco de Arquitetura do Centro de Tecnologia da Universidade Federal do Piauí.

## **CONCLUSÃO**

Ao analisar os resultados obtidos com pesquisa, é notório a grande quantidade de benefícios trazidos pela implantação da ação de eficiência energética adotada no estudo. Ao julgar as economias geradas e o valor investido, sem esquecer do índice de relação custo benefício, é possível perceber viabilidade econômica, além de também contribuir para a redução de emissão de gases na atmosfera.

Além disso, como os novos sistemas são readequadas as normas ABNT, o impacto ergonômico também deve ser destacado, onde a saúde das pessoas que trabalham ou estudam nos ambientes analisados é preservada e a produtividade também aumenta.

Logo, conclui-se que a ação de eficiência energética adotada é viável de forma técnica e econômica, pois atinge o propósito de reduzir consumo de energia mantendo ou aumentando o conforto das pessoas que se utilizaram do centro de tecnologia da universidade federal do Piauí.

## **AGRADECIMENTOS**

A CICE (Comissão Interna de Conservação de Energia) da Universidade Federal do Piauí pela concessão de bolsa para a viabilização da pesquisa aos autores.

## **REFERÊNCIAS**

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR ISO/CIE 8995-1:2013: Iluminação de ambientes de trabalho Parte 1: Interior. 1 ed. Rio de Janeiro: Abnt, 2013. 54 p. Disponível em: <[http://paginapessoal.utfpr.edu.br/vilmair/instalacoes-prediais-1/normas-e-tabelas-de-dimensionamento/NBRISO\\_CIE8995-1.pdf/view](http://paginapessoal.utfpr.edu.br/vilmair/instalacoes-prediais-1/normas-e-tabelas-de-dimensionamento/NBRISO_CIE8995-1.pdf/view)>. Acesso em: 10 mar. 2019.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 16401-1: Instalação de ar-condicionado- Sistemas Centrais e Unitários Parte:1 Projeto das instalações. 1 ed. Rio de Janeiro: Abnt, 2008. 60 p. Disponível em: <<https://pt.slideshare.net/VandernilsonScagion/nbr-16401-1-2008-instalao-de-arcondicionadoparte-1>>. Acesso em: 01 abr. 2019.
- ABESCO - Associação Brasileira das Empresas de Serviços de Conservação de Energia Associação Brasileira das Empresas de Serviços de Conservação de Energia
- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. RESOLUÇÃO NORMATIVA N° 300: Manual do Programa de Eficiência Energética - MPEE. Brasília: Aneel, 2008. 65 p. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/documents/656831/14944470/Manual+de+Elabora%C3%A7%C3%A3o+do+PEE+2008.pdf/0dbb7e3c-aa8a-43ef-ae4a-b0899f0077bb>>. Acesso em: 01 mar. 2019.
- MME – Ministério de Minas e Energia, Plano Nacional Eficiência Energética, Out/2019.
- PBE edifica. O que é a etiqueta PBE Edifica? 2017. Disponível em: <<http://www.pbeedifica.com.br/conhecendo-pbe-edifica>>. Acesso em: 11 de março de 2019.
- PROCEL INFO. Etiquetagem em Edificações. 2017. Disponível em: <<http://www.eletronbras.com>>. Acesso em: 11 de março de 2019.
- PROGRAMA BRASILEIRO DE ETIQUETAGEM. PORTARIA 372/3013: Manual para aplicação do RTQ-C. 2 ed. Santa Catarina: Procel Edifica, 2016. 203 p.
- REVISTA DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA. Brasília: Aneel, jun. 2017. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/documents/656877/15495819/Revista+de+Efici%C3%Aancia+Energ%C3%A9tica+PEE+-+2017.pdf/ec81860f-4f80-f2d3-3692-1dc24f556e17?version=1.0>>. Acesso em: 01 abr. 2019.