

METODOLOGIAS DE DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO PARA CONSERVAÇÃO E USO EFICIENTE DE ENERGIA NA UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ

Joaab da Silva Sousa – joaabjb@gmail.com

Universidade Federal do Piauí, Departamento de Engenharia Elétrica
Campus Universitário Ministro Petrônio Portela, Bairro Ininga
64049-550 – Teresina – Piauí

Mickaella Batista e Silva – mickaella_batista@hotmail.com

Universidade Federal do Piauí, Departamento de Engenharia Elétrica
Campus Universitário Ministro Petrônio Portela, Bairro Ininga
64049-550 – Teresina – Piauí

Francisco Jackson dos Santos – jacksonsan@gmail.com

Universidade Estadual do Ceará
Av. Dr. Silas Munguba, 1700, Campus do Itaperi,
60.714.903 - Fortaleza-CE

Fábio Rocha Barbosa (Orientador) – fabiorocha@ufpi.edu.br

Universidade Federal do Piauí, Departamento de Engenharia Elétrica
Campus Universitário Ministro Petrônio Portela, Bairro Ininga
64049-550 – Teresina – Piauí

Resumo: *Este artigo apresenta uma proposta de diagnóstico a fim de identificar os potenciais de conservação e uso eficiente de energia que incorram em economia dos insumos energéticos no Centro de Tecnologia da Universidade Federal do Piauí. A resolução da problemática de diagnóstico energético objetiva definir as ações nas operações diárias dos setores em pesquisa, através de retrofit de ativos operacionais e instalações, e adequação de procedimentos e relações contratuais com a concessionária, visando primordialmente à redução de custos com consumo de insumos energéticos. São apresentadas sugestões de viabilidade técnico-econômica de implantação. Além do mais, o diagnóstico energético visa aumentar a eficiência do uso da energia consumida e melhorar as condições técnicas das instalações elétricas sendo aplicadas na iluminação e climatização.*

Palavras-chave: *Eficiência Energética, Iluminação, Climatização, Regulamento Técnico da Qualidade para Eficiência Energética.*

1. INTRODUÇÃO

Reduzir o desperdício de energia elétrica não significa abrir mão do conforto e da eficiência, é possível aproveitar todos os benefícios que a energia oferece, na medida certa, sem desperdiçar. Melhorar a eficiência do consumo de energia elétrica representa um aumento



na sua disponibilidade. O valor a ser pago ao suprimir o desperdício de energia é bem menor quando comparado a construção de usinas geradoras.

Os prédios públicos, em sua maioria, apresentam oportunidades significativas de redução de custos e de economia de energia. A Eletrobrás, por meio do Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica - PROCEL, no âmbito do Programa de Eficiência Energética nos Prédios Públicos – PROCEL EPP, contribui com o governo Federal para o desenvolvimento social e econômico do país, realizando ações que visam à redução da demanda e do consumo dos sistemas. O consumo de energia no poder público em 2010 foi de aproximadamente 12,5 TWh (fonte: SAMP-ANEEL). Medidas técnicas e gerais de baixo investimento podem reduzir de 15% a 20% nos custos, o que significa, em termos de energia conservada, uma economia de 2500 GWh/ano de acordo com o PROCEL.

Apresenta-se neste artigo um estudo que objetiva diagnosticar e propor medidas de adequação dos sistemas de iluminação e ar condicionado, de uma edificação pública destinada ao ensino, às exigências da Regulamentação de Etiquetagem Voluntária de Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos, oriunda da Lei de Eficiência Energética N^o. 10.295/2001. O Regulamento Técnico da Qualidade para Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos - RTQ-C - se desenvolve em torno dos itens de envoltória, de iluminação e condicionamento de ar, sendo apenas os dois últimos levados em consideração neste trabalho. Temos ainda uma avaliação e melhoria de desempenho dos sistemas, atribuição de uma etiqueta com classificação quanto ao desempenho, que varia de “A” à “E”, e também elaboração de um diagnóstico da situação atual de consumo energético do edifício.

2. REVISÃO DA LITERATURA

Um dos principais indicadores do desenvolvimento econômico e do nível de qualidade de vida de qualquer sociedade é o consumo de energia. Essa inter-relação foi o principal motivo do acentuado crescimento no consumo mundial de energia verificado nos últimos anos, de acordo com a ANEEL.

No Brasil, segundo Lamberts et al. (2007), o começo do estudo direcionado à criação de critérios para eficiência energética, com o objetivo de uma melhor qualificação para edificação, surgiu como uma crise de energia em 2001, quando foi sancionada a Lei de Eficiência Energética N^o. 10.295, de outubro de 2001, que “dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia”. Em 19 de dezembro 2001, a regulamentação foi publicada sob forma do Decreto 4.059. No Decreto, foi instituído o Comitê Gestor de indicadores e Níveis de Eficiência Energética. Pouco tempo depois, em 2003, foi lançado o PROCEL Edifica, através do Plano de ação para Eficiência Energética em Edificações, estabelecendo vertentes de ação, cada qual apresentando uma série de projetos que visam efetivar a eficiência energética na cultura nacional.

Segundo LAMBERTS e PEREIRA (1997), no Brasil, as edificações representam 42% do consumo de energia total no país. Sendo as edificações Comerciais e Públicas responsáveis por gastos energéticos de 19% do total deste universo. Nesse contexto, entre 2003 e 2008, foi desenvolvido pelo laboratório de Eficiência Energética em Edificações do departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina o Regulamento Técnico da Qualidade para Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos” – RTQ.

2.1. Diagnóstico Energético em Iluminação

A preparação e execução de metas para conter o desperdício e para redução do consumo de energia elétrica é trivial. Para iluminação, projetos luminotécnicos eficientes, que usufruam do uso da luz natural em combinação com a luz artificial podem alcançar economias de 30% a 70% em edificações não residenciais (GRAZIANO, 2007). Para esse projeto, serão avaliadas as condições de iluminação dos ambientes de ensino e apresentadas contribuições para a metodologia de adequação de um edifício público de ensino, já existente, à Regulamentação para Eficiência Energética, dando ênfase à iluminação.

É comum encontrarmos instalações elétricas dimensionadas de forma incorreta ou instaladas erroneamente. Seja por material de baixa qualidade, por falta de planejamento ou por mão de obra de baixa qualidade. O dimensionamento correto estabelece a carga necessária para a instalação de cada grupo de aparelhos, assegurando assim a ausência de perdas por aquecimento.

2.2. Diagnóstico Energético em Climatização

A climatização consiste em tratar o ar, ajustando sua temperatura em valores geralmente acima de 20° C. Ela pode ser utilizada com finalidades de conforto térmico (como no uso residencial, em escritórios, comércio, etc.) ou industrial, para controlar variáveis de processo (na indústria de tecelagem e gráfica, controlando temperatura, umidade, pureza do ar e pressão do recinto (PENA 2002). Segundo a ASHRAE (2005), conforto térmico é um estado de espírito que reflete a satisfação com o ambiente térmico que envolve a pessoa. Outras variáveis como a atividade física e a vestimenta também interagem na sensação de conforto térmico (LAMBERTS et al 2013).

O diagnóstico energético é a ferramenta utilizada para levantar e estimar como e em que quantidades as diversas formas de energia estão sendo gastas numa edificação, em seus sistemas (ar condicionado, iluminação, motorização, bombeamento, refrigeração, etc.) ou, em aplicações industriais, nos seus processos (ar comprimido, vapor, bombeamento, etc.). Após o levantamento, é feito estudo que permite avaliar as perdas (traduzidas em consumo de kWh, demanda, etc.), seus custos e indicar medidas corretivas, avaliar custos de investimentos nas modificações (projetos, aquisição de equipamentos novos), calcular tempo de retorno dos investimentos, visando orientar os gerentes do empreendimento na tomada de decisões (PENA 2002). De acordo com a NBR 16401 (ABNT 2008) o cálculo da carga térmica é inviável sem o auxílio de um programa de computador, porém, em sistemas simples, é possível a utilização de cálculos manuais para fazer uma análise prévia, visando uma estimativa da carga térmica necessária e possibilitando uma avaliação inicial do sistema instalado. A NBR 5858 (ABNT 1983) fornece uma tabela para cálculo simplificado de carga térmica, sendo possível estimar de forma simples a carga térmica de conforto. O cálculo é feito alicerçado em temperaturas externas específicas, sendo que ao final é possível aplicar um coeficiente de correção de acordo com a localidade do território nacional. É importante ressaltar que a carga determinada pela NBR 5858 é utilizada apenas para uma avaliação inicial do sistema, visto que a norma citada encontra-se extinta e sem substituta. Para uma avaliação mais completa, métodos mais precisos e atuais devem ser utilizados.

2.3. Classificação de Ambientes



O diagnóstico nos permite a classificação do ambiente de acordo com a sua eficiência. Segundo o Regulamento Técnico de Qualidade (RTQ-C) (PROCEL 2010) é possível a classificação completa do nível de eficiência energética de um edifício através de classificações parciais da envoltória, do sistema de iluminação e do sistema de condicionamento de ar. O RTQ-C define cinco níveis de eficiência, sendo “A” o limite superior e “E” o limite inferior. Esse trabalho visa a classificação do sistema de iluminação e de condicionamento de ar.

3. METODOLOGIA

A metodologia foi fundamentada na avaliação dos sistemas de iluminação e ar condicionado da sala 523, sala de aula do Bloco de Engenharia Civil do Centro de Tecnologia da Universidade Federal do Piauí. A primeira etapa refere-se aos levantamentos de dados, obtidos através de medidas feitas no ambiente utilizando-se uma planilha para organizar os dados, sendo adquiridos os seguintes parâmetros:

- Medidas de paredes, janelas e portas;
- Quantidade de pessoas no ambiente;
- Equipamentos de ar condicionado utilizados no ambiente;
- Outros equipamentos e o consumo dos mesmos;
- Verificação do tipo e o número de luminárias; e
- Observação da orientação solar.

3.1. Sistema de Iluminação

A funcionalidade desse estudo é levantar quesitos relevantes para a avaliação e adequação de uma edificação já existente, de acordo com os critérios da Regulamentação de Etiquetagem voluntária de Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos. As seguintes etapas foram abordadas para a fase inicial do projeto:

- Descrição do ambiente;
- Métodos para a avaliação do potencial de aproveitamento de luz artificial da sala de aula;
- Classificação da sala de aula segundo o critério da Regulamentação.

3.2. Sistema de Condicionamento de Ar

Essa etapa consiste na avaliação dos dados do sistema de ar condicionado, feita na seguinte sequência:

- Cálculo da carga térmica no ambiente; e
- Classificação do ambiente de acordo com o RTQ-C.

O cálculo da carga térmica foi feito utilizando-se a planilha fornecida pela NBR 5858, onde inseriu-se as medidas obtidas na primeira etapa do projeto. Em seguida, comparou-se o resultado com a carga fornecida pelos equipamentos, observando se os mesmos estão atendendo a demanda solicitada pelo ambiente.

Para a classificação do sistema de climatização, utilizou-se dos níveis de eficiência fornecidos na etiqueta do INMETRO para cada equipamento, visto que os mesmos são do

tipo janela e já classificados. Quando se tem apenas um equipamento no ambiente, a classificação do ambiente é a mesma do equipamento, com a ressalva que se o nível de eficiência do equipamento for “A” e a unidade de condicionamento do equipamento em questão não for sombreada, o nível do mesmo cairá para “B”. Caso exista mais de um equipamento por ambiente é feita uma ponderação pela capacidade do aparelho no cálculo da eficiência do sistema.

No cálculo do nível de eficiência de uma zona com diferentes unidades, calcula-se o coeficiente de ponderação para cada aparelho, que é a relação entre a potência do aparelho, em Btu/h, e a soma das potências de todos os aparelhos do ambiente, também em Btu/h. Em seguida multiplica-se pelo equivalente numérico de eficiência, dado para cada nível de eficiência, sendo 5 para o nível de classificação “A”, e 1 para o nível “E”. O resultado para cada equipamento é somado e o número de pontos comparado com a tabela 1, dando o nível de classificação para o sistema em questão.

Tabela 1 - Classificação Geral.

PT	Classificação Final
≥4,5 a 5	A
≥3,5 a <4,5	B
≥2,5 a <3,5	C
≥1,5 a <2,5	D
<1,5	E

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Levantamento dos Dados

Os resultados do levantamento estão relacionados com as medidas da sala de aula escolhida para ser realizada uma medição piloto, com o objetivo de identificar os principais entraves que podem ocorrer nesse tipo de medição e diminuir o tempo de realização dessas medidas.

Foram realizadas medições na sala 553, e os dados coletados são apresentados na tabela 2.

Tabela 2 - Dimensões da sala e janelas

SALA	DIMENSÕES DA SALA (m)			DIMENSÕES DAS JANELAS (m)				DIMENSÕES DA PORTA (m)	
				NORTE		SUL			
	Comp.	Largura	Altura	Altura	Largura	Altura	Largura	Altura	Largura
553	8,85	7,00	2,63	1,84	3,37	0,74	2,24	2,10	0,80

Fonte: Medição realizada na sala 553 do bloco 5/CT.

Os dados especificados na tabela 2 foram utilizados para o diagnóstico inicial das condições de eficiência energética da sala, inseridos nas tabelas posteriores de cálculo de

carga térmica. Foram coletados ainda, dados referentes a equipamentos, iluminação e capacidade de pessoas. Os resultados são mostrados na tabela 3.

Tabela 3 - Equipamentos, iluminação e capacidade da sala

Nº DE PESSOAS	EQUIPAMENTOS (Watts)	POTÊNCIA ILUMINAÇÃO (Watts)
50	DATA SHOW EPSON 900 - POTÊNCIA: 312 W	800

Fonte: Observação realizada na sala 553 do bloco 5/CT.

Os dados apresentados na tabela 3 são importantes na determinação da carga térmica do ambiente, visto que o calor produzido por pessoas e equipamentos é incluído nos cálculos de dimensionamento dos equipamentos de ar condicionado. Para que se possa realizar algum diagnóstico acerca da eficiência energética, se faz necessário conhecer os equipamentos de refrigeração que estão instalados no ambiente em estudo. Nesse sentido, na tabela 4 é possível visualizar os dados coletados acerca dos aparelhos de ar condicionado existentes na sala de aula.

Tabela 4 - Aparelhos de ar condicionado

EQUIPAMENTO EXISTENTE (JANELA OU SPLIT)						
TIPO	FABRICANTE	MODELO	CAPACIDADE (BTU/h)	UTILIZAÇÃO (h/semana)	ESTADO DO FILTRO	NÍVEL DE DEPRECIAÇÃO
JANELA	CONSUL	AIR MASTER 21000	21000	36	SUJO	MÉDIO
JANELA	CONSUL	AIR MASTER 21000	21000	36	SUJO	BAIXO

Fonte: Observação realizada na sala 553 do bloco 5/CT.

Não se pode falar em eficiência energética sem citar o desempenho dos aparelhos eletroeletrônicos, os dados da tabela 4 nos mostra que a sala possui dois aparelhos, sendo que um se encontra em estado de conservação não satisfatório, o que demanda atenção, tendo em vista que aparelhos obsoletos, com filtros sujos e alto nível de depreciação são fatores que influenciam no consumo e potência desses, que pode chegar a diminuir com o aumento da vida útil do aparelho.

4.2. Iluminação

Na Tabela 5 são apresentadas as características dimensionais e as informações técnicas. A refletância do fundo tem como referência a parede onde se encontra o quadro branco, a mesma possui uma cor verde escura. A obstrução do entorno foi avaliada de forma qualitativa, com referência sugerida pelo *Lawrence Berkeley National Laboratory* – LBNL (2007). Para essa sala de aula, a proporção de obstrução foi inferior a 50%, considerada como negativa.

Tabela 5 - Dimensões do ambiente e informações técnicas.

Característica do Ambiente		
Sala de Aula 553		
Informações técnicas	Medidas	
Idade do observador é inferior a 40 anos	Comprimento(m)	8,88
A velocidade e Precisão do observador são sem importância	Largura(m)	7,1
A refletância do fundo da tarefa é inferior a 30%	Pé - Direito	2,63
Ausência de obstrução de entorno	Plano de trabalho	0,78

Fonte: Dados coletados da sala de aula 553.

Na Tabela 6 temos as características referentes às dimensões das janelas, duas na direção norte (iguais) e duas na direção sul, relacionando-as com a área da parede que as contém. As áreas das duas paredes laterais referente às janelas são iguais. Consideramos apenas uma das paredes para o desenvolvimento dos cálculos.

Tabela 6 - Dimensões das Janelas

Característica do Ambiente				
Valores Calculados				
Áreas das Janelas (m ²)		Área de Caixilho (m ²)	Fator de Caixilho (Kc)	Fator WWR
Direção Norte	12,4016	3,3746	0,72788995	0,386522454
Direção Sul I	1,6576	0,5326	0,67892085	0,048170794
Direção Sul II	1,7316	0,4235	0,755428505	0,051339362
Parede da janela	23,3544			

Fonte: Dados coletados da sala de aula 553.

A Razão Janela Parede, conhecida como fator WWR (Window to Wall Ratio) tem grande relevância para a avaliação do entorno da edificação (LAMBERTS., 1997). Pesquisas relatam a direta influência no consumo e na economia de energia elétrica relacionada à iluminação artificial. Na sala existem três interruptores, totalizando dois para iluminação e um para o retroprojetor. Duas tomadas de uso geral e dois disjuntores para aparelhos de ar condicionado. São utilizadas luminárias de sobrepor comerciais Ellux – contínua em aço, para uma lâmpada fluorescente de 40W com acionamento convencional (Figura 2). Os reatores utilizados por estas luminárias são eletromagnéticos do tipo simples, um para cada lâmpada e consomem aproximadamente 49,5W (1 lâmpada de 40W + 9,5W equivalente às perdas do

reatores), no anexo A temos o catálogo do reator usado nas luminárias, cujo fabricante é a Intral.



Figura 2- Luminária de sobrepor contínua com uma lâmpada fluorescente de 40W.

Foi preparada uma tabela de classificação do sistema de iluminação para o projeto luminotécnico (Tabela 7). Das vinte lâmpadas instaladas, sete não estão operando. O cálculo da potência total instalada foi realizado com a soma da potência da lâmpada (40W) com as perdas dos reatores(9,5), levando em consideração as vinte lâmpadas. Foram encontrados três tipos de fabricantes de lâmpadas diferentes com possibilidade de existir outros. Para determinar o fluxo luminoso da lâmpada foi tomado como referência o fabricante Osram, observado em maior quantidade.

Tabela 7 - Característica do Projeto luminotécnico

Projeto Luminotécnico					
Uma lâmpada de 40W por luminária com tensão de operação 220V					
Modelo/ Fabricante	Osram universal 40W luz do dia especial Brasil k878.B.6				
	Sylvania luz do dia plus F 40w T12 IND. BRAS				
	GERNERAL ELECTRIC universal. A . Duramax f 40w super luz do dia				
Quantidade de Luminárias	Quantidade de Lâmpadas	Quantidade de Reatores	Quantidade de Lâmpadas não Operantes	Fluxo luminoso da Lâmpada (Tab.)	Potência total Instalada (lâmpada +reator) (W)
20	20	20	7	3000lm	49,5

Fonte: Dados coletados da sala de aula 553.

A medição dos níveis de iluminação natural disponível na sala de aula foi realizada nos dias 03,05 e 10 de fevereiro de 2014, no horário das 12:00 às 14:00 horas. Esta sala tem horário integral, o que inviabilizou a medição em intervalo de 2 em 2 horas, segundo requisitado pela norma NBR 152154 - Iluminação natural - Parte 4. O céu observado durante esses dias foi parcialmente encoberto. Definidos os dias e horários, antes do início da medição propriamente dita, foi determinada a quantidade de pontos no ambiente, conforme designado pela NBR 152154. A partir das dimensões físicas da sala de aula, mostradas anteriormente, encontrou-se o índice local (k). O índice k caracteriza um número mínimo de pontos a serem medidos. Estes pontos podem ser aumentados sempre que se desejar melhor caracterização ou precisão da iluminância do ambiente. O plano de trabalho está a 0,75cm acima do piso. Os pontos mínimos recomendados pela norma, devido ao índice k foram 36, em relação às janelas de orientação norte, com maior influência na iluminação natural quando comparada às janelas com orientação para o sul.

O ambiente interno da sala foi dividido em áreas iguais, com formato o mais próximo possível de um quadrado. A distância de um ponto para outro era de um metro, respeitando um afastamento mínimo de 0,50 m da parede. Os pontos foram marcados com fita adesiva. As medidas de iluminância são realizadas com auxílio de dois fotômetros denominados luxímetros digitais: LD 550, do fabricante ICCEL Manaus, devidamente calibrados.

Toda a iluminação artificial foi desligada. Segundo a norma, as fotocélulas dos equipamentos de medição foram expostas a luz aproximadamente 5 minutos antes da primeira leitura. Os valores de iluminância média acima de 1000 lux são referentes aos pontos que ficam próximos as janelas, destacando as de orientação para norte, por possuírem áreas significativas. Nos ambientes iluminados por aberturas laterais, o nível de iluminância diminui com o aumento da distância à janela.

Classificação do sistema de iluminação

Para fins de classificação do sistema de iluminação de um determinado edifício, a regulamentação para Eficiência Energética estabelece três pré-requisitos que devem ser avaliados em cada ambiente, separadamente. Quando não atendidos, a iluminação será classificada no máximo com nível “D” de eficiência. Todo o sistema de iluminação tem após sua instalação uma depreciação do nível de iluminação ao longo do tempo. Esta é decorrente da depreciação do fluxo luminoso da lâmpada e luminária.

- **Divisão de circuitos** – Para a sala de aula temos um dispositivo de controle manual que fica próximo a porta, possui um acionamento independente, com uma área de 63,05m². Está em conformidade com a norma.
- **Contribuição da luz natural** – As fileiras de luminária que ficam mais próximas e paralelas às janelas, não possuem controle manual nem automático, para seu acionamento independente. Não está em conformidade com a norma.
- **Desligamento automático do sistema de iluminação**- Está relacionada a ambientes maiores que 250m², ou seja, a sala de aula 553 possui área inferior. Está em conformidade com a norma.

4.3. Sistema de Ar Condicionado

Cálculo da Carga Térmica

Após o levantamento das dimensões e equipamentos existentes na sala utilizada como amostra, prosseguiu-se com o cálculo da carga térmica necessária ao ambiente, possibilitando assim verificar se os equipamentos de ar condicionado estão corretamente dimensionados. A tabela 8, de forma simplificada, mostra apenas os fatores utilizados, separados por cada tipo.

Tabela 8 – Carga Térmica na sala 553

Carga Térmica								
Procedência do calor	Dimensões		Área	Fatores			Unid.xFator	Btu/h
Tipo I - Janelas insolação	Largura	Altura	Total	S/ Proteção	Proteção Int.	Proteção Ext.	6.200,80	
1.1 - Norte	3,37	1,84	6,20	1000	480	290	6200,80	6200,80

Tipo II - Janelas Transmissão	Largura	Altura	Total			1.302,17
2.1 - Vidro comum	3,37	1,84	6,20	210		1302,17
Tipo III - Paredes	Largura	Altura	Área Janel	Constr. Leve	Cons. Pesada	1.536,18
3.3 - Interna // ambientes ã cond.	8,85	2,63	23,28	33		768,09
	8,85	2,63	23,28	33		768,09
Tipo IV - Teto	Compr.	Largura	Total			9.912,00
4.5 - Sob telhado sem isolamento	7	8,85	61,95	160		9912,00
Tipo V - Piso	Compr.	Largura	Total			3.221,40
Piso não colocado sobre o solo	7,00	8,85	61,95	52		3221,40
Tipo VI - Pessoas						31.500,00
Em Atividade Normal		50		630		31500,00
Tipo VII - Iluminação e aparelhos						1.868,32
Lâmpadas (Fluores.)	800		W	2		1600,00
Aparelhos Elétricos	0,312		KW	860		268,32
Total						55.540,87

Fonte: NBR 5858 e dados coletados da sala de aula 553.

Verifica-se, conforme metodologia utilizada e tomando como referência os dados da tabela 8, uma carga térmica de 55.540,87 Btu/h. Esta, por sua vez, é maior que a fornecida pelos equipamentos de ar condicionado instalados na sala, os quais somados, fornecem no máximo 42.000 Btu/h. Esse fato mostra que os equipamentos estão sobrecarregados, diminuindo ainda mais seu rendimento e vida útil.

Classificação do Sistema de Ar Condicionado

Utilizando-se dos dados da tabela 4, montou-se a tabela 9 para avaliação do sistema de condicionamento de ar. Os dados de eficiência da unidade foram obtidos através da classificação do Inmetro, resultando em 1 para o equivalente numérico das unidades.

Tabela 9 – Classificação dos Equipamentos de Ar Condicionado

Unidade	Potência [Btu/h]	Eficiência da Unidade	Equivalente Numérico	Coefficiente Ponderado	Resultado Ponderado
1	21000	E	1	0,5	0,5
2	21000	E	1	0,5	0,5
TOTAL					1

Fazendo a relação entre as potências de cada unidade pela potência total instalada, obtemos o coeficiente ponderado para cada unidade, que teve como resultado 0,5 para ambos, visto que possuem a mesma potência. O resultado ponderado foi calculado multiplicando-se o coeficiente ponderado pelo equivalente numérico e o total obtido é o número de pontos para a classificação do ambiente. Pela tabela 9 vemos que o total de pontos para o sistema de ar



condicionado da sala é 1, que de acordo com a tabela 1 classifica o sistema da sala em questão com nível de eficiência “E”.

5. CONCLUSÃO

A sala de aula avaliada teve como classificação final uma eficiência “C” para o critério de iluminação. Mesmo possuindo uma grande influência da iluminação natural, temos a ausência de divisão de circuitos com apagamento das luminárias próximas às aberturas. Considera-se que projetos mais eficientes que integrem de forma adequada a iluminação natural aos ambientes de estudo possam produzir resultados satisfatórios. A falta de manutenção das lâmpadas é prejudicial para a qualidade da iluminação.

Para o sistema de ar condicionado, a sala teve um nível de eficiência “E”, mostrando que o sistema instalado possui uma eficiência muito aquém do esperado para prédios públicos. Vimos também pela tabela 8 que o sistema instalado não supre a demanda de carga térmica solicitada pela sala, sendo que os equipamentos instalados fornecem apenas 42.000 Btu/h, enquanto a sala requisita em torno de 56.000 Btu/h.

Pelos resultados pudemos comprovar o potencial de conservação de energia existente no sistema de ar condicionado. É necessária, ainda, a substituição dos equipamentos por outro(s) que possam suprir a demanda de carga térmica do ambiente e que possuam um nível de eficiência maior que os equipamentos instalados, o que garantirá o retorno financeiro dos investimentos nesses novos aparelhos.

O diagnóstico será estendido para todas as salas do Bloco 5, do curso de Engenharia Civil da UFPI, onde será feita uma avaliação do potencial total de economia nos sistemas de iluminação e climatização do prédio. Espera-se, ainda, que este estudo sirva como base para posterior classificação dos prédios do Centro de Tecnologia da UFPI.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5413– Iluminância de Interiores. ABNT: Rio de Janeiro, 1992.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 16401– Instalações de Ar Condicionados – Sistemas Centrais e Unitários. ABNT: Rio de Janeiro, 2008.

Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel). Disponível em: <www.aneel.gov.br/arquivos/pdf/atlas_par1_cap2.pdf>. Acesso em: 17 fevereiro 2014.

BOER, J.B.; FISCHER, D. Interior lighting. Deventer: Kluwer Technische Boeken, 1978. PHILLIPS, D. Daylighting: natural light in architecture. Oxford: Elsevier, 2004.

G1-Portal de Notícia da Globo. Disponível em: <<http://g1.globo.com/jornal-da-globo/noticia/2014/02/governo-afirma-que-apagao-apos-pico-de-consumo-foi-coincidencia.html>> Acesso em: 17 fevereiro 2014.

HOPKINSON, R. G.; PETHERBRIDGE, P.; LONGMORE, J. Iluminação natural. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1975.

GRAZIANO JUNIOR, S. F. C. G. Racionalização de energia: Iluminação natural na arquitetura. Disponível em: <<http://www.luz.philips.com>>. Acesso em: 18 fevereiro 2014.

ISO - INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO 15469:2004 – Spatial distribution of daylight – CIE standard general sky. ISO, 2004.

Iluminação natural – Parte 4: Verificação experimental das condições de iluminação interna de edificações – Método de medição. ABNT: Rio de Janeiro, 2004b.

LAMBERTS, R. et al. Regulamentação de etiquetagem voluntária de nível de eficiência energética de edifícios comerciais e públicos. Disponível em:

<<http://www.labeee.ufsc.br/eletrobras/reg.etiquetagem.voluntaria.html>>. Acesso em: 18 fevereiro 2014.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. O. R.. Eficiência energética na arquitetura. São Paulo: PW, 1997. 188 p.

LBNL - LAWRENCE BERKELEY NATIONAL LABORATORY. Tips for daylighting: with windows. <<http://btech.lbl.gov/pub/designguide>>. Acesso em: 27 de fevereiro 2014.

Pena, S. M; Sistemas de Ar Condicionado e Refrigeração. 1ª Edição. Rio de Janeiro: PROCEL, 2002.

PROCEL/ELETOBRAS. Disponível em: <<http://www.eletrobras.com/elb/main.asp?TeamID=%7BDF942C36-5F0F-4055-9BBF-1382A2119E4C%7D>> Acesso em: 17 fevereiro 2014.

PROCEL/ELETOBRÁS. Etiquetagem de Eficiência Energética de Edificações, 2009, Volume 1.

PROCEL/ELETOBRÁS. RTQ-C Regulamento Técnico de Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos, 2009, Volume 2.

PROCEL/ELETOBRÁS. Manual para Aplicação dos Regulamentos RTQ-C e RAC-C, Volume 4.

PROCEL/ELETOBRAS. Manual para Especificações Técnicas de Sistemas de Ar Condicionado e Iluminação. Rio de Janeiro: PROCEL, 2005.

Silva, M. N.; Eficiência Energética em Sistemas de Refrigeração Industrial e Comercial. Rio de Janeiro: PROCEL, 2009.

DIAGNOSIS METHODOLOGIES FOR ENERGY CONSERVATION AND EFFICIENT USE OF ENERGY AT THE FEDERAL UNIVERSITY OF PIAUÍ

Abstract: *This paper presents a diagnostic to identify potential conservation and efficient use of energy that incur energy inputs in the economy, Federal University of Piauí Technology Center. The resolution of the problem objectively energy diagnosis define the actions in the daily operations of the sectors in research, through retrofit of operating assets and facilities, and adequacy of procedures and contractual relations with the dealership, primarily aimed at reducing costs with consumption of energy inputs . Suggestions for technical and economic feasibility of implementation, including technical specifications and details of equipment, materials and services necessary for proper implementation will be presented. Moreover, the energy diagnosis aims to increase the efficiency of use of energy consumed and improve the technical conditions of electrical installations being applied in lighting and air conditioning.*

Key-words: *Energy Efficiency, Lighting, Climate Control, Quality Technical Regulation for Energy Efficiency*