



**XIENCAC**  
ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO  
NO AMBIENTE CONSTRUIDO

**VIIELACAC**  
ENCONTRO LATINO AMERICANO DE CONFORTO  
NO AMBIENTE CONSTRUIDO

Búzios - RJ - 2011

## **ESTUDO DO POTENCIAL DA CLASSIFICAÇÃO DE NÍVEIS DE EFICIÊNCIA DE PROJETOS LUMINOTÉCNICOS PELO PROGRAMA BRASILEIRO DE ETIQUETAGEM**

**Natália F. Ribeiro (1); Joyce C. Carlo (2)**

(1) Acadêmica de Arquitetura e Urbanismo, natalia.ribeiro@ufv.br

(2) Dra, Professora do Departamento de Arquitetura e Urbanismo, joycecarlo@ufv.br

Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Arquitetura e Urbanismo, Laboratório de Tecnologias em Conforto Ambiental e Eficiência Energética, Viçosa - MG, 36570-000, Tel.: (31) 3899 2744

### **RESUMO**

A publicação, pelo Inmetro, do Regulamento Técnico da Qualidade (RTQ-C), em março de 2009, introduziu novos parâmetros para a construção civil, que deveriam ser entendidos e aplicados pelos profissionais da área. Em 2010, os métodos foram revistos e o novo regulamento renomeado para Requisitos Técnicos da Qualidade (RTQ-C). O aprendizado desses novos conceitos gera questionamentos acerca das origens dos métodos, da forma de cálculo e da representatividade do parâmetro. Este artigo visa analisar os equipamentos do projeto de iluminação face aos parâmetros do regulamento, comparados às indicações de iluminância de projeto pela NBR 5413 – *Iluminância de Interiores*, e o nível de eficiência de produtos disponíveis no mercado, destinados a este fim. Faz parte de uma pesquisa cujo objetivo foi criar uma base de dados de produtos, como reatores, lâmpadas e luminárias, para viabilizar projetos eficientes em relação à iluminação artificial. Para tanto foi realizado um levantamento de dados em catálogos de fabricantes dos produtos para projetos luminotécnicos e uma seleção destes, segundo seu tipo e a disponibilidade de informações técnicas. As etapas seguintes consistiram na criação de projetos luminotécnicos conceituais, através do Método dos Lumens, e na avaliação dos níveis de eficiência por eles alcançados. Os resultados finais apresentaram níveis de eficiência pouco satisfatórios para os produtos testados, com exceção do melhor desempenho dos produtos de LED. Os resultados revelam que há necessidade de compatibilização entre a NBR 5413 e RTQ-C, e que esta é imprescindível para viabilizar as decisões de projeto.

Palavras-chave: eficiência energética, iluminação artificial, Requisitos Técnicos da Qualidade (RTQ-C)

### **ABSTRACT**

The publication of the Technical Regulation of Quality (TRQ-C) in March 2009, by Inmetro, introduced new standards for buildings construction and planning, which should be understood and applied by professionals. In 2010, the methods were reviewed and the new version was renamed to Technical Requirements for Quality (TRQ-C). The learning of these new concepts raises questions about the basis of the used methods, the calculations methods and the representativeness of the parameter. This paper aims to examine the artificial lighting equipments according to the comparison of the regulation to the indications of illuminance by the standard NBR 5413 - *Interior Lighting - Specification* and to examine the efficiency level of products available in the market. Part of the research consisted on the creation of a database of appliances such as ballasts, lamps and luminaires to enable efficient projects related to artificial lighting. So, a survey was performed on catalogs of manufacturers, according to its type and the availability of technical information. The following steps consisted on creating conceptual lighting projects using the Lumen Method and on evaluation of their energy efficiency. The results showed insufficient levels of efficiency for the products tested, except for LEDs, which accomplished the best results. Other results showed a need to review NBR 5413 and TRQ-C and to link the requirements to guide project decisions.

Keywords: energy efficiency, lighting, Technical Requirements for Quality (TRQ-C).

## 1. INTRODUÇÃO

No ano de 2009, foram lançados, pelo Inmetro, o Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C) (INMETRO, 2009a) e o Regulamento de Avaliação da Conformidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RAC-C) (INMETRO, 2009b). Em 2010, o RTQ-C foi reformulado e renomeado para Requisitos Técnicos da Qualidade Para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (INMETRO, 2010a), o RAC também foi renomeado para Requisitos de Avaliação da Conformidade (INMETRO, 2010b). Estes regulamentos fazem parte do Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE) e definem parâmetros para a análise e avaliação dos edifícios específicos, a fim de que estes recebam a Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE), de acordo com o nível de eficiência energética (nível A até E, sendo o primeiro mais eficiente e o último, menos eficiente) por eles atingido.

Os critérios para a avaliação de edifícios, segundo o RTQ-C, envolvem três sistemas básicos: Envoltória, Sistema de Iluminação e Sistema de Condicionamento de Ar. A determinação do nível de eficiência dos edifícios pode ser realizada através do método prescritivo ou/e de simulação e a Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) pode ser dividida em quatro partes: para cada um dos três sistemas, citados anteriormente, e também para a edificação completa. Embora os parâmetros de avaliação presentes nos requisitos técnicos façam parte, em sua maioria, da prática dos profissionais ligados à construção civil e ao desenvolvimento de projetos para edifícios, ainda é necessário que os métodos de avaliação sejam assimilados com clareza, para que seja estabelecida uma cultura de projetos de edifícios energeticamente eficientes.

De acordo com o Balanço Energético Nacional (MME, 2010), 47,6% do consumo energético total do Brasil é devido a edifícios, sendo que o setor comercial e o público consomem respectivamente 15,1% e 8,6% da energia. Portanto, é necessário, que os projetos visem à redução deste consumo e otimizem o rendimento dos equipamentos, como os elementos de iluminação. O peso do quesito iluminação para a etiquetagem é de 30% da pontuação e a avaliação destes sistemas pode ser realizada por dois métodos: o Método da Área do Edifício e o Método das Atividades (INMETRO, 2010a).

A avaliação segundo o Método das Atividades deve ser realizada quando o edifício apresenta diferentes atividades. Neste caso, é necessário, primeiramente, identificar as atividades realizadas no edifício de acordo com a tabela no RTQ-C e ainda, nesta tabela, identificar a densidade de potência de iluminação limite (DPIlim – W/m<sup>2</sup>) para cada nível de eficiência correspondente à atividade selecionada. Deve-se somar a área iluminada de cada grupo de atividades selecionadas e encontrar a potência instalada de cada um. A densidade de potência instalada (DPI) de cada grupo deve ser calculada, depois de conhecida a área total ocupada por este grupo e também a potência total instalada. A comparação entre a DPI encontrada e a DPIlim fornecerá um equivalente numérico (EqNum) para cada grupo de atividades. O Eqnum dos grupos deve ser ponderado pela potência estimada no projeto, determinando o EqNumDPI.

Segundo Ferreira et al (2010), a primeira edição do RTQ-C, em março de 2009, era limitada e incompatível com a prática de projeto. Duas das principais dificuldades encontradas ao usar o antigo método eram: avaliar projetos com diferentes luminárias em um mesmo ambiente e o uso de luminárias especiais. Tais luminárias geravam projetos luminotécnicos com níveis de eficiência, quando calculados segundo o RTQ-C, inferiores aos alcançados por luminárias abertas, o que poderia colocar em risco a qualidade do projeto luminotécnico, se este visar apenas os melhores níveis de eficiência. Há também uma incompatibilidade do fator de depreciação adotado pelo RTQ-C (0,8), com os programas computacionais de projetos luminotécnicos e também com norma estadunidense Standard 90.1 da ASHRAE (2007) (FERREIRA et al, 2010).

Outro inconveniente apontado no RTQ-C é o fato deste se basear apenas no Método dos Lumens para o cálculo do projeto luminotécnico. O método é considerado simples e limitado, pois pode gerar níveis de iluminância iniciais muito superiores aos indicados pela NBR 5413, o que também compromete a qualidade do projeto.

A NBR 5413-*Iluminância de Interiores* estabelece níveis de iluminância mínimos, médios e máximos, em lux, para ambientes internos. Por meio da ponderação do peso de três características,

relacionadas à tarefa exercida e ao usuário do ambiente, pode-se determinar qual nível de iluminância de projeto deve ser adotado, de acordo com a atividade equivalente à listada (ABNT, 1992).

A norma foi elaborada em 1982 e revisada somente em 1992. Carlo et al (2009) defendem que a NBR 5413 apresenta níveis de iluminância superdimensionados e que uma revisão deste documento é imprescindível, devido aos avanços tecnológicos e científicos alcançados na área. A revisão da norma está sendo discutida desde 2008 pela Comissão de estudos de iluminação interna e pelo Comitê Brasileiro de Eletricidade. Tal revisão prevê a avaliação de alguns pontos vigentes na norma, entre eles, os níveis de iluminância para os ambientes gerais, com o objetivo de atender às novas necessidades do usuário (FARIA, 2008).

Para que um conjunto seja energeticamente eficiente, é necessário que os equipamentos sejam eficientes individualmente. Alguns estudos realizados, como o de Iwashita et al (2005), analisaram alguns tipos de luminárias comerciais, lâmpadas e reatores em relação ao desempenho energético, de acordo com dados fornecidos pelos fabricantes. No caso das luminárias comerciais, a análise do desempenho fotométrico, apresentou, de maneira geral, que as luminárias com refletor de alumínio representam os maiores rendimentos (média de 81%). Em contrapartida, luminárias com aletas parabólicas e com difusor, são as que apresentam os mais baixos rendimentos (61% e 64% respectivamente) (IWASHITA et al, 2005). Já as lâmpadas fluorescentes com pó trifásico apresentam índices de reprodução de cor mais elevados, e, entre os reatores, foram analisados os eletromagnéticos e eletrônicos, entre duplos e simples, que apresentaram variações de 15% a 30% no desempenho energético (IWASHITA et al, 2005).

Para organizar os dados obtidos em pesquisas em relação aos produtos para projetos luminotécnicos, deve-se agrupar as luminárias por tipo, conforme o conjunto ótico, e com a presença ou não de aletas; as lâmpadas por tipo e potência; os reatores por tipo e configuração. São analisados nestes produtos, no caso das luminárias, o rendimento, a eficiência luminosa das lâmpadas e o fator de eficácia do reator. Estas variáveis foram avaliadas face aos parâmetros exigidos pelo RTQ-C (INMETRO, 2010a).

## **2. OBJETIVO**

O objetivo deste artigo é apresentar uma análise dos parâmetros do RTQ-C comparados às indicações de iluminância de projeto pela NBR 5413 – *Iluminância de Interiores* (ABNT, 1992), ao determinar o nível de eficiência de projetos luminotécnicos conceituais compostos por equipamentos disponíveis no mercado nacional.

## **3. MÉTODO**

Este trabalho apresenta a metodologia adotada para a avaliação de produtos como lâmpadas luminárias e reatores disponibilizados no mercado nacional, de acordo com os parâmetros do RTQ-C. Foram elaborados 105 projetos luminotécnicos para cada um dos 6 ambientes selecionados de edifícios do campus UFV-Viçosa-MG, e estes foram testados de acordo com o nível de iluminância mínimo, médio e máximo de projeto indicados pela NBR 5413 – *Iluminância de Interiores* (ABNT, 1992).

### **3.1. Seleção dos ambientes**

A escolha dos ambientes para a realização de projetos luminotécnicos e avaliação do nível de eficiência por eles alcançado foi realizada a fim de reunir uma amostra com as mais variadas características relacionadas à atividade exercida, geometria e área total do ambiente. Por meio da análise destas características, consideradas determinantes em um projeto luminotécnico, foram selecionados 6 ambientes de 4 diferentes edifícios em fase de construção no campus UFV-Viçosa-MG (tabela 1).

Tabela 1 – Ambientes selecionados em edifícios do Campus UFV-Viçosa-MG

Atividade	Perímetro (m)	Área (m <sup>2</sup> )	Geometria	Pé-direito útil (m)	Índice do ambiente (K)
Biblioteca	56,46	129,75	Em L	3,00	2,250
Sala de reuniões	18,65	86,73	Quadrado	3,00	2,070
Sala de aula	36,065	77,70	Retangular	3,00	1,920
Auditório	38,08	131,40	Retangular com 2 arestas arredondadas	3,00	3,067
Gabinete	15,30	13,36	Retangular	3,34	0,670
Laboratório de materiais	38,10	86,00	Retangular	3,80	1,480

### 3.2. Levantamento de dados dos produtos

Um levantamento de produtos relacionados a projetos luminotécnicos disponíveis no mercado nacional foi realizado. Os produtos foram selecionados, por meio de consultas a catálogos de fabricantes, devido as suas características (tabela 2) e devido ao atendimento aos seguintes parâmetros:

- Lâmpadas fluorescentes compactas e tubulares, de variadas potências;
- Luminárias para lâmpadas fluorescentes compactas e tubulares, de variados tipos, com as tabelas de Fator de Utilização (Fu) disponíveis;
- Reatores eletrônicos e eletromagnéticos para luminárias que comportam diferentes quantidades de lâmpadas;
- Luminárias com lâmpadas de LED acopladas.

Tabela 2 – Principais características verificadas nos produtos.

Luminárias (para lâmpadas fluorescentes tubulares e compactas)	Lâmpadas	Reatores	Luminárias (com lâmpadas de LED acopladas)
Fator de Utilização Refletor Aletas Tipo (número de lâmpadas)	Potência (W) Modelo Tipo Fluxo Luminoso (lm) IRC	Tipo Tipo de Luminária Potência Total	Fluxo Luminoso total (lm) Potência Total (W) IRC

### 3.3. Formação dos conjuntos

Após a análise do material coletado nos catálogos dos fabricantes, uma amostra constituída de 35 conjuntos foi formada, de acordo com as corretas combinações entre eles. Dos 35 conjuntos, 32 deles são constituídos por lâmpadas fluorescentes (tabela 3) e 3 por lâmpadas de LED (tabela 4).

Em relação às luminárias para lâmpadas fluorescentes, os conjuntos são divididos entre:

- 18 conjuntos, cada um com um diferente modelo de luminária com aletas de diversas cores e materiais, e lâmpadas cuja potência variou de 14W a 55W;
- 5 conjuntos, cada um com um modelo diferente de luminária com difusor de acrílico leitoso, e lâmpadas cuja potência variou de 14W a 32W;
- 9 conjuntos, cada um com um diferente modelo de luminária sem aletas e lâmpadas cuja potência variou de 14W a 110W.

Quanto aos reatores, a amostra é formada por:

- 28 conjuntos, com diferentes modelos de reatores eletrônicos;
- 4 conjuntos com diferentes modelos de reatores eletromagnéticos.

Tabela 3 – Exemplos de conjuntos formados com lâmpadas fluorescentes.

Núm. Do Conjunto	Pot. Lâmp. (W)	Aletas	Refletor	Tipo da Lâmpada	Tipo do Reator	Fluxo Luminoso (lm)	Pot. Reator (W)	Pot. Total (W)
1	32	Aletas Brancas	Alumínio anodizado	Tubular	Eletrônico	2700	59	123
6	36	Alumínio com acabamento acetinado	Alumínio com acabamento acetinado	Compacta	Eletrônico	2900	72	144
12	16	Alumínio anodizado	Alumínio anodizado	Tubular	Eletromagnético	1200	45	77
20	14	Sem aletas	Difusor em acrílico leitoso	Tubular	Eletrônico	1200	30	58
27	16	Sem aletas	Alumínio anodizado	Tubular	Eletrônico	1200	39	71

Outros 3 conjuntos pertencentes à amostra são compostos por luminárias de LED (tabela 4), para iluminação geral, que apresentam lâmpadas de LED acopladas. Os catálogos destes produtos já fornecem o fluxo luminoso total das lâmpadas (lm) corrigido pelo fator de utilização (Fu) da luminária, portanto, o fluxo luminoso total substituiu duas variáveis para o cálculo do desempenho energético do conjunto: o fator de utilização (Fu) e o fluxo luminoso das lâmpadas (lm).

Tabela 4 – Conjuntos de LED formados

Núm. Do Conjunto	Tipo da Luminária	Fluxo Luminoso (lm)	IRC	Pot. Conj. (W)
33	LED	3543	80	68
34	LED	1280	83	40
35	LED	1100	80	19

### 3.4. Projetos luminotécnicos para lâmpadas fluorescentes e determinação do nível de eficiência

Cada um dos 32 conjuntos formados a partir das lâmpadas fluorescentes deu origem a um projeto luminotécnico para cada ambiente, calculados através do Método dos Lumens. A iluminância de projeto dos ambientes foi definida em conformidade com a NBR-5413 – *Iluminância de Interiores* (ABNT, 1992), de acordo com a atividade exercida. Os projetos luminotécnicos foram concebidos considerando as três iluminâncias (mínima, média e máxima) indicadas pela norma, totalizando 96 projetos para cada ambiente.

Para todos os projetos analisados, as refletâncias de teto, paredes e piso foram consideradas de 70%, 50% e 10%, respectivamente. Tal consideração foi feita para que as características físicas de cada ambiente fossem as mais semelhantes possíveis, já que a refletância é fator influenciador na determinação do nível de eficiência. Para o cálculo do índice do ambiente (K), o plano de trabalho foi considerado a uma altura de 0,75 m. Os projetos foram realizados usando apenas um tipo de luminária, portanto, a partir do índice de ambiente, foi possível calcular o número de luminárias necessárias em cada projeto. O fator de depreciação usado para todos os projetos foi de 0,8, com indicado pelo RTQ-C.

A avaliação da eficiência energética de 576 projetos foi realizada de acordo com o método das Atividades do RTQ-C. A atividade exercida em cada ambiente foi identificada na tabela do RTQ-C e assim determinada à densidade de potência de iluminação limite (DPI lim) para cada nível de eficiência. Foi considerado que, em todos os ambientes, os pré-requisitos do RTQ-C para nível de eficiência A (divisão de circuitos, contribuição da luz natural e desligamento automático) são atendidos. O nível de eficiência (A até E) foi identificado nos projetos usando a DPI determinada em cada projeto.

### 3.4. Projetos luminotécnicos para lâmpadas de LED e determinação do nível de eficiência

Os outros 3 conjuntos que compõem a amostra, estes de luminárias de LED, deram origem a 54 projetos luminotécnicos, 9 projetos para cada ambiente. Foi concebido 1 projeto para cada iluminância de projeto (mínima, média e máxima) indicada pela norma para os 6 ambientes selecionados. Os conjuntos são compostos por um tipo de luminária de LED cada, com lâmpadas acopladas. O número de conjuntos de cada projeto foi calculado de acordo com a equação 01, e caso não resultasse em um número inteiro, este seria arredondado para o imediatamente superior.

$$\eta = \frac{A \times E_p}{\Phi_{lum}} \times Fd \quad (\text{equação 01})$$

onde:

$\eta$  = número de conjuntos;

$A$  = área do ambiente ( $m^2$ );

$E_p$  = iluminância de projeto (lux);

$\Phi_{lum}$  = fluxo luminoso total (lm);

$Fd$  = fator de depreciação (considerado 0,8).

Os catálogos das luminárias de LED analisadas, não fornecem a tabela de fatores de utilização ( $F_u$ ), mas sim, o fluxo luminoso total da lâmpada mais elemento refletor, que pode ser considerado a luminária. Consequentemente, a ausência do rendimento da luminária por índice de ambiente eliminou a análise da influência da geometria do ambiente nos projetos luminotécnicos com LEDs. Ainda, as luminárias com LED analisadas dispensam o uso do reator, portanto, a potência total fornecida nos catálogos das luminárias é referente apenas às lâmpadas.

O nível de eficiência dos conjuntos de LED também foi avaliado segundo o Método das Atividades do RTQ-C. A DPI foi calculada de acordo com a equação 02, e a partir da atividade exercida em cada ambiente, foi indicada a DPI limite para cada nível de eficiência.

$$DPI = \frac{\eta \times P}{A} \quad (\text{equação 02})$$

onde:

DPI = Densidade de potência de iluminação ( $W/m^2$ );

$P$  = Potência total (W);

$A$  = Área do ambiente ( $m^2$ ).

Neste caso, também foi considerado que todos os projetos luminotécnicos atendem aos pré-requisitos para nível A exigidos pelo RTQ-C.

## 4. ANÁLISE DE RESULTADOS

Foram analisados os níveis de eficiência alcançados pelos projetos luminotécnicos de acordo com o nível de iluminância de projeto adotado (mínimo, médio ou máximo). Por meio de gráficos foram analisados os desempenhos de:

- 630 projetos luminotécnicos;
- Individuais por ambiente;
- Dos conjuntos compostos por lâmpadas de LED;

- Das lâmpadas de 28W e 32W.

#### 4.1. Análise da eficiência dos projetos luminotécnicos

Os níveis de eficiência alcançados pelos 630 projetos luminotécnicos realizados, incluindo os projetos com LED, foram divididos de acordo com o nível de iluminância adotados no desenvolvimento dos projetos (210 projetos para cada nível de iluminância). Percebe-se através da análise da figura 1, que os níveis de eficiência são menores para as mais elevadas iluminâncias de projeto adotadas. A adoção dos níveis mais baixos de iluminância da NBR 5413 (ABNT, 1992) proporcionou 92 casos (43,8%) com eficiência A e 58 (27,6%) com eficiência E. Já, a adoção dos níveis médios de iluminâncias proporcionou somente 37 casos (17,6%) com eficiência A e 111 (52,8%) com eficiência E, enquanto a adoção de níveis mais altos de iluminâncias proporcionou apenas 12 casos (5,7%) com eficiência A e 168 (80,0%) com eficiência E. A análise em separado de cada ambiente indicou o mesmo desempenho: os níveis de eficiência foram maiores quando adotada a iluminância mais baixa e níveis muito baixos ocorreram quando adotada a maior iluminância de projeto.

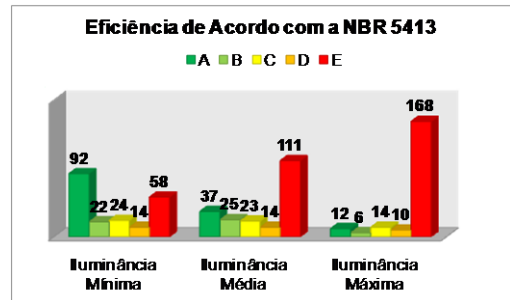


Figura 1 – Gráfico dos níveis de eficiência alcançados pelos projetos em relação à iluminância de projeto adotada.

De acordo com a NBR 5413, apenas para situações muito favoráveis dos ambientes o nível mais baixo de iluminância é indicado, como por exemplo, elevadas refletâncias do ambiente combinadas às condições favoráveis do observador, cuja idade deve ser inferior a 40 anos. Por sua vez, a NBR 5413 indica a adoção da iluminância média para os projetos que não se enquadram em situações extremas, que tende a ser a maioria dos projetos luminotécnicos realizados no país.

Ao analisar todos os projetos concebidos com a iluminância média, viu-se que mais de 50% obteve a classificação E de eficiência energética. Isto indica a necessidade de maior compatibilidade entre as indicações da NBR 5413 (ABNT, 1992) e do RTQ-C (INMETRO, 2010a) a fim de viabilizar as decisões de projeto tomadas pelos arquitetos ou engenheiros.

No caso em que houver, portanto, a necessidade da adoção da iluminância máxima de projeto, como em uma casa de repouso para idosos, elevados níveis de eficiência energética dos projetos luminotécnicos tendem a não ser alcançados.

#### 4.2. Análise da eficiência dos ambientes: Sala de Reuniões, Gabinete e Biblioteca

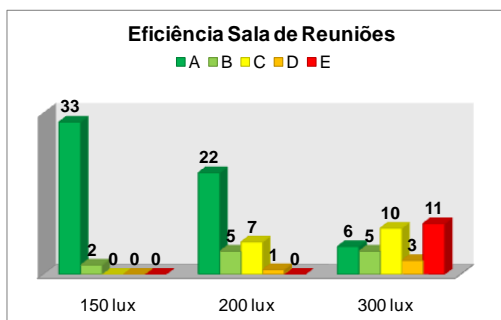


Figura 2 – Gráfico dos níveis de eficiência alcançados pelos projetos para a Sala de Reuniões em relação à iluminância de projeto de 150, 200 e 300 lux.

A Sala de Reuniões ( $A=86,73 \text{ m}^2$ ) foi testada com projetos luminotécnicos calculados considerando as iluminâncias de projeto de 150 lux, 200 lux e 300 lux. Para a iluminância mais baixa, os projetos, em geral, apresentaram níveis de eficiência elevados, pois todos os projetos alcançaram níveis de eficiência A ou B.

Os projetos que consideram a iluminância média alcançaram em 27 (77,1%) dos casos, níveis de eficiência A ou B, já o nível D foi o mais baixo obtido nesta amostra, por apenas um projeto (2,9%). A iluminância mais alta, por sua vez, apresentou projetos luminotécnicos menos eficientes que os anteriores, com o total de 11 (31,4%) deles, classificados com níveis de eficiência A ou B, e 14 (40%) com níveis D ou E (figura 2).

Os resultados obtidos com a análise do gráfico dos níveis de eficiência dos projetos luminotécnicos criados para o Gabinete ( $A = 13,36 \text{ m}^2$ ) foram os de maior destaque. As iluminâncias de projeto consideradas foram as mais altas de toda a amostra, 750 lux, 1000 lux e 1500 lux, de acordo com a NBR 5413 (ABNT, 1992) para a atividade, de escritórios de registros. Conseqüentemente, todos os projetos obtiveram a classificação de eficiência E, com exceção de 1 projeto que alcançou nível D (figura 3).



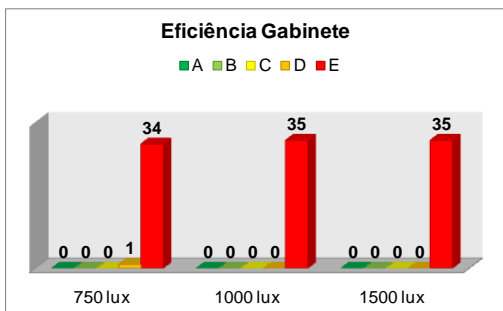


Figura 3 – Gráfico dos níveis de eficiência alcançados pelos projetos para o Gabinete em relação à iluminância de projeto de 750, 1000 e 1500 lux.

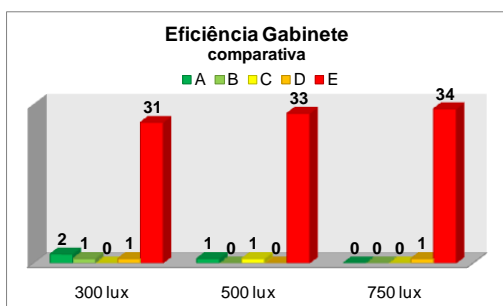


Figura 4 – Gráfico dos níveis de eficiência alcançados pelos projetos para o Gabinete em relação à iluminância de projeto de 300, 500 e 750 lux.

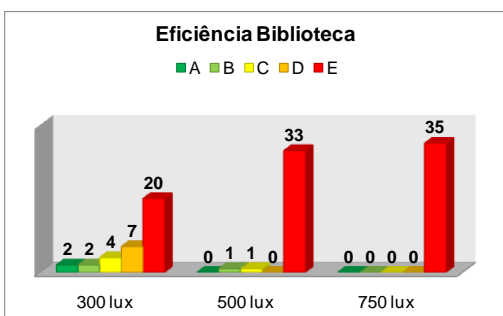


Figura 5 – Gráfico dos níveis de eficiência alcançados pelos projetos para a Biblioteca em relação à iluminância de projeto de 300, 500 e 750 lux.

### 4.3. Análise da eficiência dos conjuntos de LED

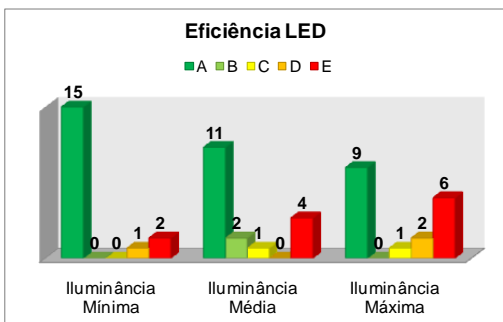


Figura 6 – Gráfico dos níveis de eficiência alcançados pelos projetos com LED em relação à iluminância de projeto adotada.

Segundo Ghisi e Lamberts (1998), quanto maior o índice de ambiente (K), menor a influência das refletâncias nas superfícies dos ambientes, portanto, menor a reflexão e menores os níveis de eficiência (CARLO et al, 2009). No caso do Gabinete, ambiente de pequenas dimensões, o contrário se aplica. Porém, mesmo com o baixo índice de ambiente (0,67) que potencializou a reflexão nas superfícies adjacentes às luminárias, os níveis de eficiência alcançados não foram satisfatórios.

Como nenhum dos 105 projetos realizados de acordo com os níveis de iluminância citados acima atingiu níveis de eficiência superiores ao nível D (figura 3), estes foram re-calculados considerando as iluminâncias de 300 lux, 500 lux e 750 lux, para a atividade de escritório de desenho decorativo e esboço, segundo a NBR 5413 (ABNT, 1992) (figura 4).

Ainda neste caso, os níveis mais baixos de iluminância, não proporcionaram diferenças significativas, com apenas três projetos com nível de eficiência A e um projeto com nível de eficiência B. Desta forma, ou a NBR 5413 (ABNT, 1992) apresenta níveis de iluminância muito elevados para atividade de escritórios ou o RTQ-C (INMETRO, 2010a) apresenta DPilim incompatíveis para pequenos ambientes de escritórios.

Já ambientes de maior área como a Biblioteca (A=143,27 m<sup>2</sup>) apresentaram resultados semelhantes à média geral já comentada. O ambiente foi considerado como área de leitura com iluminâncias indicadas pela NBR 5413 (ABNT, 1992) de 300 lux, 500 lux e 750 lux. Na figura 5 vê-se que um ambiente de leitura (que exige precisão) destinado a pessoas maiores de 55 anos, tende a apresentar um projeto luminotécnico de nível de eficiência E, considerando os conjuntos testados.

Assim, vê-se que os níveis baixos de DPilim para a atividade também necessitam de compatibilização com os níveis de iluminâncias indicados pela NBR 5413.

Os projetos luminotécnicos obtidos por meio dos 3 conjuntos formados por lâmpadas de LED apresentaram os melhores níveis de eficiência energética quando comparados aos conjuntos com lâmpadas fluorescentes.

Embora o uso dos limites mais elevados de iluminâncias de projeto reduza o nível de eficiência, o desempenho dos projetos com LED foi melhor comparado aos projetos com lâmpadas fluorescentes. Os LEDs permitem que a maior parte dos projetos atinja níveis elevados de eficiência para todos os níveis de iluminância (figura 6).

Os projetos de LED, porém, não são calculados utilizando o índice do ambiente (K), variável relacionada



à geometria do ambiente e utilizada para indicar qual valor do Fator de Utilização da luminária deve ser adotado (tabela de Fu no catálogo das luminárias), já que o fluxo luminoso das lâmpadas mais a perda da luminária é informado nos catálogos na forma de fluxo luminoso total. Como consequência, particularidades do ambiente como a altura do plano de trabalho definida e a geometria não são consideradas.

A potência total do conjunto lâmpada e luminária, no caso dos LEDs também é fornecida nos catálogos das luminárias. Como o uso do reator não é necessário nestes conjuntos, a potência total do conjunto é menor se comparada aos conjuntos com lâmpadas fluorescentes. Tal fato contribui diretamente para o menor valor da DPI dos conjuntos de LED e, portanto, melhores níveis de eficiência por eles alcançados.

### 4.3. Análise da eficiência das lâmpadas de 28W e 32W

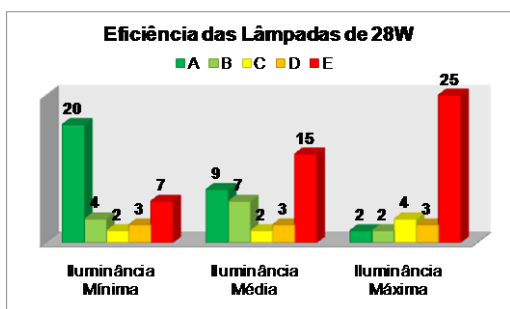


Figura 7 – Gráfico dos níveis de eficiência alcançados por projetos que utilizaram lâmpadas de 28W.

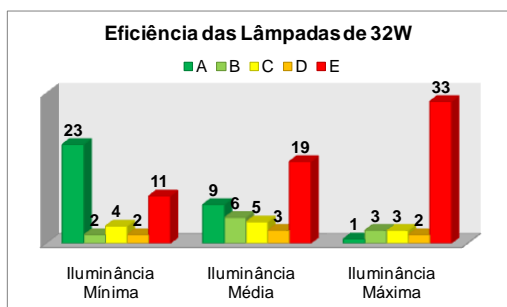


Figura 8 – Gráfico dos níveis de eficiência alcançados por projetos que utilizaram lâmpadas de 32W.

A eficiência dos projetos luminotécnicos foi avaliada de acordo com a potência das lâmpadas fluorescentes utilizadas. As lâmpadas de 28W estão presentes em 6 dos 32 conjuntos formados por lâmpadas fluorescentes. As lâmpadas de 32W, por sua vez, fazem parte de 7 conjuntos. As figuras 7 e 8 apresentam o desempenho dos projetos que utilizaram lâmpadas de 28W e 32W, respectivamente, de acordo com a iluminância de projetos adotada.

Quando analisadas as lâmpadas fluorescentes, em função de sua potência, percebe-se que as lâmpadas de 28W e 32W apresentam os melhores níveis de eficiência comparadas às de 14W, 16W, 36W, 55W e 110W. De fato, as lâmpadas de 28W e 32W apresentam rendimentos de 73 lm/W até 104 lm/W, superiores às demais, que apresentaram rendimentos entre 65,6 lm/W e 96 lm/W. As associações das lâmpadas de potência de 28W e 32W com luminárias sem aletas e também com luminárias com aletas e refletores de alumínio, além dos reatores duplos, podem ser consideradas decisivas para o melhor desempenho destas lâmpadas. Estas luminárias e reatores são considerados eficientes, portanto a eficiência alcançada pelo conjunto tende a ser mais elevada.

Houve também uma diferença significativa entre os conjuntos que alcançaram nível A de eficiência para os que alcançaram nível B. Para os projetos com

lâmpadas de 28W, para níveis mais baixos de iluminância, 20 (55,5%) alcançaram nível A e apenas 4 (11,1%), nível B. No caso dos projetos com lâmpadas de 32W, também para os níveis mais baixos de iluminância, 23 (63,9%) alcançaram nível A e 2 (5,5%) nível B de eficiência.

## 5. CONCLUSÕES

A definição dos projetos luminotécnicos que utilizam produtos disponibilizados no mercado nacional, de acordo com as três iluminâncias de projeto indicadas pela NBR 5413-*Iluminância de Interiores* (ABNT, 1992) revelou que a tendência dos projetos que utilizam a iluminância de projeto mais baixa é apresentar níveis de eficiência, de acordo com os parâmetros do RTQ-C, mais elevados do que aqueles que adotam a iluminância média ou máxima.

Esta pesquisa indica que há necessidade de maior compatibilização entre as indicações do RTQ-C e as indicações da NBR 5413 em relação a qual iluminância de projeto deve ser adotada pelos projetistas. Tal compatibilização será possível por meio da revisão da NBR 5413, pois esta considera níveis de iluminância elevados, ou por meio da revisão das DPIs limite adotadas pelo RTQ-C. As diferentes indicações refletem no nível de eficiência alcançado pelo projeto, já que a DPI dos projetos, caso se utilize a iluminância média ou mais alta de projeto, será elevada quando comparada a DPI

limite indicada pelo RTQ-C. Este fato ocorre devido às densidades de potência limite (DPI lim) indicadas pelo RTQ-C, que foram determinadas considerando-se a iluminância mínima. Portanto, quando outras iluminâncias superiores são adotadas, como indicado para muitos casos pela NBR 5413, a DPI dos projetos sempre será superior e estes terão dificuldades em alcançar níveis elevados de eficiência.

Quando adotada a iluminância de projeto máxima, por exemplo, no caso de uma sala de leitura para idosos, a possibilidade deste ambiente atingir níveis de eficiência elevados, ao adotar produtos similares aos testados, é muito baixa.

Os produtos de LED não foram considerados nos métodos adotados pelo RTQ-C, porém, alguns destes apresentaram níveis de eficiência satisfatórios em relação aos três níveis de iluminância de projeto indicados pela NBR 5413. Isto se deve, em parte, ao fato destes conjuntos dispensarem o uso de reator, portanto a potência considerada é apenas a das lâmpadas. Um empecilho na criação de projetos com produtos de LED através do Método dos Lumens é que os projetos não levam em consideração o índice do ambiente (K) e, portanto, as particularidades do ambiente, não são consideradas, em especial a sua geometria e a refletância das superfícies.

A limitação mais significativa durante a realização da pesquisa foi a falta de publicações, por parte dos fabricantes, de informações necessárias para o desenvolvimento dos projetos com o Método dos Lumens e, conseqüentemente, a avaliação dos projetos luminotécnicos criados de acordo com os parâmetros do RTQ-C. A falta de publicação das tabelas de Fator de Utilização foram as mais perceptíveis.

A dificuldade em encontrar atividade semelhante entre a NBR 5413 e RTQ-C também foi considerada uma limitação, que influencia diretamente no potencial de determinados projetos em alcançar elevados níveis de eficiência.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5413**: Iluminância de interiores. Rio de Janeiro, 13p., 1992.
- CARLO, J., FERREIRA, R. & LAMBERTS, R. **Aplicação do regulamento técnico da qualidade em sistemas de iluminação**. Encac, 2009.
- FARIA, N. **NBR 5413: O que e por que deve mudar**. Revista Lumière – Revista Eletrônica, setembro de 2008. Disponível em: <<http://www.portallumiere.com.br/?strArea=noticias&id=8651>>. Acesso em: 15 de maio de 2011.
- FERREIRA, R., FONTES, G., RAMOS, G. & LAMBERTS, R. **Análise comparativa entre o RTQ-C e a Ashrae 90.1 para avaliação da eficiência energética de sistemas de iluminação**. Entac, 2010.
- GHISI, E. & LAMBERTS, R. **Influência das características reflexivas da luminária e da refletância das paredes na potência instalada em sistemas de iluminação**. Entac, 1998.
- IWASHITA, J., SAIDEL, M.A. **Avaliação da eficiência energética de sistemas de iluminação interior: parâmetros para uma abordagem uniforme visando a lei de eficiência energética**. SNPTTE, 2005.
- MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA. **Balanco Energético Nacional, 2010**. Disponível em: <<https://ben.epe.gov.br/>> Acesso em: 10 de fevereiro de 2011.
- MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA – **Regulamento de Avaliação da Conformidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos, 2009b**. Disponível em: <<http://www.labeee.ufsc.br/eletrobras/etiquetagem/downloads.php>>. Acesso em: 10 de março de 2010.
- MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA – **Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos, 2009a**. Disponível em: <<http://www.labeee.ufsc.br/eletrobras/etiquetagem/downloads.php>>. Acesso em: 10 de março de 2010.
- MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA – **Requisitos de Avaliação da Conformidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos, 2010b**. Disponível em: <<http://www.labeee.ufsc.br/eletrobras/etiquetagem/downloads.php>>. Acesso em: 15 de outubro de 2010.
- MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA – **Requisitos Técnicos da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos, 2010a**. Disponível em: <<http://www.labeee.ufsc.br/eletrobras/etiquetagem/downloads.php>>. Acesso em: 15 de outubro de 2010.