



## **PROJETO DE ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA: ENTRAVES E POTENCIALIDADES PARA A APLICAÇÃO DO RTQ-C**

**Renata Brendolan (1); Cláudia Naves David Amorim (2); Nayanna Nobre Pinheiro  
Teixeira (3)**

(1) Arquiteta, Mestre pelo Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo,  
renatabrendolan@gmail.com

(2) Doutora, Professora do Departamento de Arquitetura e Urbanismo, clamorim@unb.br

(3) Arquiteta, Graduanda em Arquitetura e Urbanismo, nayanna\_nobre@hotmail.com

### **RESUMO**

Este artigo é parte de uma dissertação de mestrado que teve como objetivo avaliar o RTQ-C a partir da análise de projetos com foco nos sistemas de iluminação artificial, identificando entraves e potencialidades para aplicação do RTQ-C (método prescritivo). Para tal, foram examinados os requisitos de iluminação artificial do RTQ-C e avaliados projetos premiados de iluminação considerados “exemplares”. Foram selecionados cinco projetos para avaliação do desempenho luminoso, segundo o RTQ-C e os resultados evidenciam que todos eles tiveram baixos níveis de eficiência energética. Uma análise comparativa entre os resultados obtidos por meio do método de avaliação e a prática projetual possibilitou verificar que o RTQ-C apresenta a potencialidade de fazer com que os projetistas avaliem o desempenho energético dos projetos antes da execução, promovendo assim, edificações com baixo consumo. Porém, o resultado das etiquetas indica a necessidade de uma revisão da metodologia de avaliação do RTQ-C principalmente com relação aos aspectos qualitativos, considerando tendências atuais e realizando a adequação dos limites de densidades de potência instalada. Já a prática dos projetistas deve ajustar-se às novas tendências e exigências, especialmente com relação ao fornecimento de dados completos do projeto e níveis de potência instalada, mantendo os aspectos de criatividade e o conceito de conforto visual.

Palavras-Chave: iluminação artificial; eficiência energética; RTQ-C.

### **ABSTRACT**

This paper is a part of a thesis that aims to evaluate the RTQ-C from from the analysis of projects focusing on artificial lighting systems, identifying barriers and potentials for implementing RTQ-C (prescriptive method). For that, the lighting designs considered “excellent” had the artificial lighting requisites of RTQ-C examined and were evaluated. Five lighting designs were selected from this award to evaluate the luminous system performance, according to RTQ-C and the obtained results show that all designs had low energetic efficiency levels. A comparative analysis between the results obtained by evaluation method of energy efficiency's RTQ-C and design practice of lighting designers possibilited to verify that, in general, the RTQ-C presents the potential to make that the designers evaluate the energy performance of their designs before their execution, promoting, by this way, buildings with low energy consumption. However, the result of labels indicates the necessity of a revision of the methodology at evaluation of the RTQ-C principally in terms of quantitative aspects, considering current trends and with adequacy of density limits of installed loads. The design practice should adjust itself to new trends and demands, especially with regard to the provision of comprehensive project data and levels of installed loads, maintaining the aspects of creative as well as the concept of visual comfort in lighting designs.

Keywords: artificial lighting, energy efficiency, RTQ-C.

## 1. INTRODUÇÃO

A eficiência energética, tema muito discutido nos últimos anos, atualmente tem ganhado destaque também em projetos de iluminação (BRASIL, 2010a). Pode ser entendida como a obtenção de um serviço com baixo dispêndio de energia, sendo um edifício mais eficiente energeticamente que o outro quando este primeiro proporciona as mesmas condições ambientais com menor consumo de energia.

Os sistemas de luz artificial influenciam consideravelmente no consumo total de energia das edificações, principalmente em edifícios não residenciais (PROCEL, 2009). Existem oportunidades significativas de redução de custo e de economia de energia das edificações, como alterações de características arquitetônicas, utilização de técnicas modernas de projeto e construção, alteração dos hábitos dos usuários e de algumas rotinas de trabalho na edificação e adoção de equipamentos tecnologicamente mais avançados e eficientes, como lâmpadas, luminárias e equipamentos (MAGALHÃES, 2001). Essa escolha contribui na questão energética. Ao se comparar a eficiência luminosa das principais fontes de luz hoje existentes observa-se, por exemplo, que uma lâmpada fluorescente tubular T10 tem sua eficiência luminosa em torno de 67,5 lm/W, enquanto a T5 chega a 104 lm/W. Já as lâmpadas halógenas têm suas eficiências entre 12 e 22 lm/W, enquanto um LED pode chegar a 50 lm/W. Pimenta (2006) considera que características fotométricas dos LEDs e sua eficiência e vida útil fazem com que seja uma alternativa para a substituição de lâmpadas convencionais, pois possuem qualidades semelhantes. Silva (2009) considera o LED como a mais econômica fonte de luz artificial da atualidade.

Quanto às luminárias, estas não produzem economias de energia diretamente, porém podem contribuir significativamente para economias de energia do sistema através da otimização do desempenho de cada um de seus componentes, podendo maximizar o uso da luz emitida pelas lâmpadas através do uso de materiais e formas apropriadas, diminuindo, desta forma, a carga total de iluminação. Ao otimizar o desempenho de um dos componentes há otimização do desempenho do conjunto e conseqüentemente economias de energia podem ser geradas.

Em relação aos equipamentos, são elementos importantes no desempenho de uma lâmpada, podendo consumir uma parcela significativa de energia por aquecimento. Isso demonstram a importância da especificação correta de equipamentos para que o sistema seja eficiente energeticamente.

No entanto, o desenvolvimento do projeto de iluminação artificial extrapola a questão energética. Muito além de simplesmente iluminar, os projetos luminotécnicos contemporâneos têm como finalidade promover economia de energia elétrica, decorar, dar conforto, estimular sensações como relaxamento, alegria, vibração etc. A IESNA (2000) diz que a iluminação deve proporcionar condições visuais com as quais as pessoas possam desempenhar suas atividades com eficácia, eficiência e conforto. Diz ainda que sistemas de iluminação são projetados objetivando o desempenho visual, mas o conforto visual é um aspecto que deve ser considerado. Lamberts, Dutra e Pereira (2004) chegam a dizer que conforto visual é o principal determinante da necessidade de iluminação em um edifício.

O desenvolvimento de um projeto luminotécnico é dividido em 2 sistemas: principal e secundário. A função é o primeiro e mais importante parâmetro para a definição de um projeto, e está relacionado ao sistema principal e ao primeiro objetivo da iluminação. Determina o tipo de luz que o ambiente precisa, está associado às atividades laborativas e produtivas e relacionado a aspectos quantitativos.

No entanto, a luz traz emoções e a forma de emocionar por meio da luz é fazendo projetos luminotécnicos que extrapolem o simples cálculo da quantidade de luz e de luminárias (SILVA, 2009). Para Brandston (2010), os projetistas de iluminação são responsáveis por prover criatividade, por fornecer soluções únicas e considera que seu êxito dependerá de quão criativa elas forem. Essas considerações estão de acordo com o sistema secundário, que é o que dará mais ênfase à “personalidade” do espaço, numa abordagem mais criativa, livre e não tão “funcional”. É o segundo objetivo da iluminação e está intimamente associado às atividades não laborativas, não produtivas, de lazer, estar e religiosas. Utiliza a luz como principal instrumento de ambientação do espaço, na criação de efeitos especiais com a própria luz ou no destaque de objetos e superfícies, e está relacionado a aspectos qualitativos.

Contribuindo na questão sobre eficiência energética, várias certificações ambientais têm surgido, abordando aspectos específicos relacionados à iluminação. Em 2009 foi lançada pelo PROCEL/Eletróbras a Etiqueta de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos, onde um dos sistemas avaliado é o de iluminação artificial. O RTQ-C (Requisitos Técnicos da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos) classifica o nível de eficiência energética desses edifícios e emite uma etiqueta que pode variar de A a E, respectivamente do mais ao menos eficiente (BRASIL, 2010b). Como pretende se tornar obrigatória nos próximos anos, é importante que esteja incorporada à prática projetual dos projetistas de iluminação.

## 2. OBJETIVO

Este trabalho teve como objetivo identificar entraves e potencialidades na aplicação e no conteúdo do método prescritivo dos Requisitos Técnicos da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C), através da análise de projetos de iluminação artificial considerados exemplares no contexto brasileiro.

## 3. MÉTODO

O método deste trabalho está dividido em cinco etapas principais:

Etapa 1: Seleção de projetos de iluminação;

Etapa 2: Descrição dos projetos de iluminação;

Etapa 3: Coleta de dados e etiquetagem dos projetos de iluminação selecionados segundo os Requisitos Técnicos da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C);

Etapa 4: Elaboração de Ficha de Análise com sistematização dos resultados;

Etapa 5: Análise dos resultados com foco nos entraves e potencialidades da aplicação do RTQ-C;

Etapa 6: Conclusões sobre os entraves e potencialidades da aplicação do RTQ-C nos projetos de iluminação artificial.

### 3.1. Seleção de projetos de iluminação

A fim de investigar a produção brasileira de projetos de iluminação, foram pesquisados concursos de iluminação para a escolha de projetos vencedores, considerados exemplares. Os projetos de iluminação selecionados foram projetos premiados pela ABILUX (Associação Brasileira da Indústria de Iluminação), por se tratar da única associação que premia projetos de iluminação artificial no Brasil. Além disso, segundo o regulamento do concurso (ABILUX, 2012), os critérios de avaliação analisados para a premiação incluem, além de design, criatividade/inação, apresentação, atendimento a normas, segurança, conforto, adequabilidade à aplicação e ergonomia, também a conservação de energia, evidenciando a crescente preocupação com eficiência energética em projetos luminotécnicos.

Foram selecionados os projetos premiados no concurso de 2009, uma vez que a intenção era investigar projetos mais recentes, com soluções e tecnologias mais modernas, sendo que o concurso de 2011 ainda não havia sido divulgado quando da coleta de dados. Dos 27 projetos premiados na edição de 2009, 16 foram selecionados por se tratarem de projetos comerciais, de serviços ou públicos (para aplicação do RTQ-C), sendo que alguns desses projetos não se encaixaram nos moldes do RTQ-C ou não tiveram autorização dos clientes e/ou projetistas para participação desta pesquisa, reduzindo assim a amostragem final para 5 projetos.

### 3.2. Descrição dos projetos de iluminação

Feita a seleção dos projetos e a solicitação dos dados, as informações importantes relativas a cada projeto de iluminação foram extraídas<sup>1</sup> e descritas.

A identificação das funções dos ambientes foi feita a partir das plantas dos projetos e layouts e adequada às atividades da Tabela 4.2 do RTQ-C. Essa identificação é importante porque a iluminação é projetada de acordo com a função dos ambientes, definindo os níveis de iluminância e conseqüentemente a densidade de potência instalada.

Os objetivos dos projetistas, que são as intenções destes no desenvolvimento do projeto de iluminação e que determinam que tipo de luz definirá os ambientes, foram consultados nos memoriais dos projetos entregues ao concurso.

Também foram identificados e levantados os efeitos de luz, as luminárias, as lâmpadas e os equipamentos utilizados nos projetos.

### 3.3. Coleta de dados e etiquetagem dos projetos de iluminação selecionados segundo o RTQ-C

Apesar do sistema de iluminação poder ser avaliado pelo RTQ-C através de dois métodos (o método da área ou o método das atividades do edifício), este trabalho considerou apenas o método das atividades, por ser mais detalhado, ainda que este só deva ser utilizado em edifícios em que o método da área não seja aplicável.

O roteiro para etiquetagem fornecido pelo RTQ-C não foi suficientemente claro para a aplicação do

---

<sup>1</sup> Textos descritivos retirados dos memoriais dos projetos fornecidos pelos autores.

Método das Atividades, sendo necessário detalhar melhor cada etapa, conforme descrito abaixo.

- a) Identificar adequadamente todas as atividades encontradas no projeto, de acordo com a Tabela 4.2<sup>2</sup> do RTQ-C.
- b) Levantar dados como área de teto, área do plano de trabalho, área de parede entre o plano iluminante e o plano de trabalho, altura da parede (considerar altura entre o plano iluminante e o plano de trabalho), área do ambiente e perímetro para os cálculos de K (índice de ambiente) e RCR (Room Cavity Ratio).
- c) Separar ambientes que possuem K menor que o definido na Tabela 4.2, RCR maior que o da Tabela 4.2. e/ou circulação com largura menor que 2,4m. Estes ambientes podem ter um aumento (Fator de correção - FC) de 20% na densidade de potência de iluminação limite ( $DPI_L - W/m^2$ ) e devem ser avaliados individualmente na etapa *h*, não sendo incluídos no cálculo agrupado do EqNum (Equivalente Numérico) dos ambientes (etapa *e*). A avaliação desses ambientes considera a densidade de potência limite já acrescida de 20% e encontra seus EqNum (equivalente numérico).
- d) Com os outros ambientes (que não tiveram a  $DPI_L$  aumentada pelos valores do K ou RCR), consultar a  $DPI_L$  para cada nível de eficiência para cada um dos ambientes.  
Obs: Para funções não listadas deve-se escolher uma atividade equivalente.
- e) Multiplicar a área iluminada de cada ambiente da etapa *d* pela  $DPI_L$ , para encontrar a potência limite para cada ambiente. A potência limite que será utilizada no cálculo agrupado do EqNum dos ambientes que não tiveram FC aplicado será a soma das potências limites desses ambientes.
- f) Somar a potência instalada dos ambientes agrupados e comparar o resultado com a soma das potências limite encontrada na etapa *e*, identificando o EqNum do agrupamento de ambientes que não tiveram FC aplicado. Esse EqNum passará a ser o EqNum desses ambientes individualmente.
- g) Verificar os pré-requisitos de cada ambiente de acordo com o seu EqNum:
  - g1) ambientes que atendem aos pré-requisitos mantêm seus EqNum;
  - g2) ambientes que não atendem aos pré-requisitos têm seus EqNum corrigidos.
  - g3) ambientes da etapa *g2* que façam parte do agrupamento da etapa *f* devem ser retirados (inclusive a potência) deste agrupamento para correção dos EqNum respectivos e devem ser considerados individualmente na etapa *h*.
- h) Fazer a ponderação segundo a potência entre todos os ambientes considerados individualmente e o agrupamento de ambientes da etapa *f* sem os ambientes da etapa *g3*.
- i) Encontrar o EqNumDPI e a classificação final do nível de eficiência energética do sistema de iluminação.

### 3.4. Elaboração de Ficha de Análise com sistematização dos resultados

A ficha de análise serviu como um instrumento para apresentação dos dados dos projetos e, por ser muito extensa, não está incluída neste artigo. Após as etapas 2 (descrição dos projetos de iluminação) e 3 (coleta de dados e etiquetagem dos projetos selecionados segundo o RTQ-C), tanto os dados sobre os projetos, quanto os dados sobre as avaliações dos sistemas de iluminação e sobre o resultado da Etiqueta foram agrupados nestas fichas, que são individuais de cada projeto. A ficha traz as seguintes informações: dados do projeto (I); dados do projeto luminotécnico (II); avaliação segundo o RTQ-C (III) com pré-requisitos específicos do sistema de iluminação (III.1), resumo dos cálculos (III.2) e interpretações e limitações (III.3); análise dos etiquetas (IV) com considerações sobre fatores impactantes na etiqueta final (IV.1) e propostas para melhorias na etiqueta do sistema de iluminação (IV.2); e por fim, conclusões sobre os resultados da etiqueta com e sem melhorias propostas (V).

### 3.5. Análise dos resultados

A análise dos resultados levanta aspectos específicos sobre a prática projetual e o RTQ-C, focando nos entraves e nas potencialidades da aplicação deste regulamento em projetos de iluminação artificial.

### 3.6. Conclusões

---

<sup>2</sup> [www.inmetro.gov.br/legislacao/rtqc/pdf/RTQC001599.pdf](http://www.inmetro.gov.br/legislacao/rtqc/pdf/RTQC001599.pdf)

As conclusões discorrem sobre os entraves e as potencialidades da aplicação do RTQ-C nos projetos de iluminação artificial e nas questões a serem discutidas relacionadas ao RTQ-C e à prática projetual, no que diz respeito à eficiência energética.

## **4. ANÁLISE DE RESULTADOS**

A seguir serão apresentados os resultados obtidos nesta pesquisa. Esta etapa abordou os resultados gerais dos projetos analisados, do RTQ-C e da prática projetual do projetista de iluminação.

### **4.1. Quanto aos projetos analisados**

#### *4.1.1. Descrição dos projetos e análise do material fornecido*

Foram analisados 5 projetos com áreas maiores que 500 m<sup>2</sup>, conforme indica o RTQ-C, sendo dois restaurantes, dois escritórios e uma concessionária de automóveis. São projetos elaborados por projetistas distintos, ganhadores do Prêmio ABILUX de Projetos de Iluminação de 2009. Vale lembrar que estes projetos foram desenvolvidos antes da publicação do RTQ-C.

O Projeto 1 é de um escritório com 1.600 m<sup>2</sup> que ocupa um andar inteiro de um edifício de escritórios, com vista para o exterior e iluminação natural. As principais funções do espaço são uso de computadores, reuniões, projeções, além de festas e eventos. Teve como partido diferenciar suas soluções das usualmente encontradas em escritórios e buscou uma leitura contínua com soluções de iluminação linear. Utilizou efeitos como ritmo, direção, destaque, variação de temperaturas de cor ao longo do dia, variação de cores e dimerização, iluminação geral direta e indireta, dentre outros. Para isso utilizou luminárias embutidas, com aletas, pendentes, sancas, tecidos translúcidos, balizadores, arandelas, embutidos de piso e luminárias de piso, com lâmpadas incandescentes, halógenas, fluorescentes compactas e tubulares e LEDs.

O Projeto 2 é um restaurante de 800 m<sup>2</sup>. As principais funções do espaço são preparo e armazenamento de alimentos, refeições, eventos e recepções. Teve como objetivo a integração da arquitetura com a paisagem e a sensação de aconchego e sofisticação com ausência de ofuscamento. A flexibilidade foi outro aspecto importante e foram desenvolvidas diferentes propostas para a iluminação de um mesmo espaço. Efeitos como jogo de luz e sombra, luz direta e indireta e destaque foram utilizados com luminárias embutidas e de sobrepor, balizadores, sancas, trilhos com spots e arandelas e lâmpadas incandescentes, halógenas, fluorescentes compactas eletrônicas e tubulares e LEDs.

O Projeto 3 também é um restaurante com 2.200 m<sup>2</sup>, sendo que as principais funções são: preparo e armazenamento de alimentos, refeições, eventos e estacionamento. Este projeto buscou o dinamismo da iluminação através do controle da luz artificial em contrapartida à luz natural incidente nos salões do restaurante e utilizou efeitos como destaque, luz colorida, luz direta, indireta e difusa. Utilizou luminárias blindadas, espetos, projetores, embutidas, de sobrepor, arandelas e sancas, com lâmpadas halógenas e fluorescentes compactas, compactas eletrônicas e tubulares.

O Projeto 4 é um escritório e possui área de 820 m<sup>2</sup>, sendo que suas principais funções são uso de computadores e reuniões. Teve como principal premissa uma proposta menos formal, sendo que a iluminação combinou fontes variadas de luz para criar efeitos diferenciados e especiais, além de contribuir para dar mais flexibilidade de uso aos ambientes. Os principais efeitos utilizados foram luz direta e indireta, destaque e efeito clarabóia. Usou luminárias embutidas, pendentes, sancas, arandelas, embutidos de piso, luminárias de piso e montagens especiais, com lâmpadas incandescentes, halógenas, fluorescentes compactas e tubulares e LEDs.

Por fim, o Projeto 5 é uma concessionária de automóveis de 2.340 m<sup>2</sup> e suas principais funções são venda, escritório e oficina mecânica. Os principais objetivos foram valorização da forma arquitetônica através da iluminação e fácil acesso à manutenção. Flexibilidade e altos níveis de iluminância foram requisitos do projeto. Os principais efeitos utilizados foram destaques, luz geral e uniformidade. As luminárias especificadas foram embutidas, sobrepostas, pendentes, arandelas, balizadores, projetores e projetores com rebatedores, e as lâmpadas foram incandescentes, fluorescentes compactas e tubulares e multivapores metálicos.

Dos vários efeitos de iluminação encontrados nos projetos, alguns impactaram negativamente o nível de eficiência energética, como por exemplo, a iluminação indireta, variação de cores com dimerização e variação de temperatura de cor ao longo do dia.

Em relação às luminárias, vários tipos foram observados nos projetos, sendo que em muitas situações as escolhas são feitas considerando o conforto visual, evitando o ofuscamento a partir do uso de vidros leitosos, aletas, luz indireta, dentre outros. No que se refere aos aspectos qualitativos, essas luminárias

representam ótimas escolhas. No entanto, no aspecto quantitativo, acabam por ter rendimentos mais baixos e comprometem, segundo o RTQ-C, a eficiência energética do sistema.

Quanto às lâmpadas, tanto modelos eficientes quanto ineficientes foram especificados. A opção por fontes ineficientes aumenta a potência instalada e prejudica o nível de eficiência energética do projeto. Os projetistas deverão escolher fontes mais eficientes para se adequarem ao RTQ-C e assim atingirem melhores níveis de eficiência energética nos sistemas de iluminação. As análises mostraram que as lâmpadas incandescentes e halógenas devem ser evitadas, dando-se preferência aos LEDs que diminuem muito a potência instalada mantendo a qualidade da iluminação (temperatura de cor, IRC, abertura de fecho, etc.).

Quanto aos equipamentos, a especificação ficou incompleta, sendo que no geral os modelos e dados técnicos dos reatores não foram especificados pelos projetistas.

Quanto às informações necessárias para a Etiquetagem, os projetos não forneceram todos os dados necessários para a aplicação exata da metodologia do RTQ-C. Muitos não forneceram cortes que são necessários para o levantamento das alturas e nestes casos não foram calculados o K e o RCR, que podem permitir o aumento da  $DPI_L$ , apesar dos resultados mostrarem que esse aumento do EqNumDPI não é significativo para o aumento da etiqueta.

Também faltaram informações para a análise dos pré-requisitos, sendo que em muitos casos foram considerados como “não atendimento” por falta destas. Essas informações e os devidos atendimentos são fundamentais para a etiqueta. O pré-requisito 1 – Divisão de circuitos – é o principal e mais importante, pois interfere em etiquetas A, B e C. Para o atendimento ao pré-requisito 2 – Contribuição da luz natural, os profissionais deverão ficar mais atentos, pois o seu não atendimento impede etiquetas A e B. Já o pré-requisito 3 – Desligamento automático do sistema de iluminação, impede a etiqueta A nos ambientes com mais de 250 m<sup>2</sup>, sendo o que menos interfere nas etiquetas.

#### 4.1.2. Quanto à Etiquetagem e às avaliações segundo o RTQ-C

A coleta de dados necessários para etiquetagem segundo o RTQ-C levantou várias dúvidas e permitiu distintas interpretações, o que resultou em algumas observações e considerações como, por exemplo, a criação de paredes imaginárias em várias situações. Foi definido que mesmo sem os dados dos reatores, imprescindíveis no cálculo da potência instalada, ainda assim a etiqueta seria calculada considerando-se apenas a potência das lâmpadas.

Esta coleta mostrou que a Tabela 4.2 do RTQ-C que define as atividades às quais as funções encontradas nos projetos devem se adequar é muito restrita. O RTQ-C diz que “*para atividades não listadas deve-se escolher uma atividade equivalente*”, mas em muitos casos não existe atividade equivalente. Esta tabela poderia ser mais completa, talvez incluindo os usos da NBR 5413<sup>3</sup> (ABNT, 1992), já que esta norma define os níveis de iluminância e conseqüentemente deveria definir a  $DPI_L$  das atividades.

A coleta também levantou dúvidas quanto à extração de dados para o cálculo do K e do RCR e quanto à análise desses índices, as avaliações dos projetos segundo o RTQ-C verificaram que, quando os dados do projeto possibilitam o seu cálculo, mais de 50% dos ambientes atingem valores que permitem o aumento da  $DPI_L$ . No entanto, foi percebido que este aumento causa um impacto muito pequeno no EqNumDPI, na casa dos 4 a 8%, não sendo significativo para a melhora da etiqueta.

Verificou-se também o não atendimento dos projetos aos pré-requisitos específicos do sistema de iluminação (divisão de circuitos, contribuição da luz natural e desligamento automático). A falta de informação quanto à localização dos dispositivos de controle manual para o acionamento das luminárias e quanto à identificação da divisão de circuitos é a grande responsável por isso. No entanto, apesar dos atendimentos aos pré-requisitos poder diminuir o nível de eficiência do sistema de iluminação, uma simulação onde se considerou o atendimento a todos os pré-requisitos mostrou que essa situação não foi a responsável pelos baixos níveis de eficiência dos projetos analisados, mas sim a densidade de potência instalada.

A aplicação do Método das Atividades para a classificação do nível de eficiência do sistema de iluminação que seguiu o roteiro detalhado na metodologia resultou em 4 projetos com etiquetas E e 1 projeto com etiqueta D.

A análise das etiquetas dos projetos levantou considerações sobre cinco fatores impactantes em seus resultados. O primeiro é a *utilização de efeitos de iluminação* e normalmente faz parte do sistema secundário do projeto de iluminação, aquele que dá ênfase à “personalidade” do espaço numa abordagem mais criativa e menos funcional. Como são projetados junto com o sistema principal, que é responsável pela iluminação

<sup>3</sup> A NBR 5413 que foi alterada para NBR ISO\_CIE 8995-1

funcional, acaba por incrementar a potência instalada, aumentando assim a densidade de potência do projeto e diminuindo o nível de eficiência energética do sistema de iluminação. O RTQ-C prevê somente a iluminação funcional, o que vem ao encontro dos projetos de iluminação desenvolvidos.

O segundo, o *uso de lâmpadas ineficientes* faz com que seja necessário ter uma maior potência instalada para se atingir determinado nível de iluminância em um ambiente, se comparado ao uso de fontes eficientes. No entanto, outro aspecto que contribuiu diretamente para o baixo nível de eficiência energética dos projetos foi *quantidade de pontos de iluminação*. Isso foi verificado quando, mesmo com a proposta de substituição por lâmpadas mais eficientes, a etiqueta não se alterou.

A *iluminação indireta*, terceiro fator, muitas vezes faz parte do sistema principal, que é aquele que resolve as necessidades funcionais. Por usar outra superfície (normalmente tetos ou paredes) para o rebatimento da luz, precisa de um fluxo luminoso emitido pelas lâmpadas maior para que se alcance o mesmo nível de iluminância em determinada superfície, sendo um sistema menos eficiente que o de iluminação direta por necessitar de uma potência instalada maior.

Quanto aos *espaços multifunções*, que é o quarto fator, pode-se fazer alguns comentários. Esses ambientes são utilizados para mais de uma função, sendo que para cada uma delas há uma necessidade específica de iluminação. A criação de cenários dá versatilidade ao sistema de iluminação, mas em contrapartida aumenta a potência instalada, piorando o nível de eficiência energética do projeto, apesar de todas as luminárias instaladas não serem usadas ao mesmo tempo. Uma sugestão para fazer com que esse tipo de ambiente não prejudique a etiqueta de iluminação é criar sistemas de ativação de circuitos isolados, garantindo que um conjunto desligue automaticamente quando outro é acionado. Desta forma o RTQ-C poderia multiplicar a área do ambiente pelo número de funções exercidas por ele e verificar sua eficiência de acordo com a função e a iluminação utilizada em cada caso específico ou considerar apenas o cenário de maior potência instalada.

Foram sugeridas duas propostas para aumentar o nível de eficiência energética dos sistemas de iluminação. A primeira foi quanto ao atendimento a todos os pré-requisitos, mas ainda assim, considerando todos os pré-requisitos atendidos, 4 projetos mantiveram suas etiquetas E e apenas o projeto com nível D foi alterado para C, o que mostra que o problema está na potência instalada. A segunda proposta foi quanto à substituição de lâmpadas ineficientes por modelos mais eficientes. Neste caso foi simulada a substituição de lâmpadas tubulares T10 e T8 por T5 e de halógenas refletoras por LEDs, mantendo-se as características originais dos projetos como iluminâncias, temperaturas de cor, aberturas de fecho, efeitos, etc. Neste caso, apenas um projeto com etiqueta E foi alterado para D, porém associando-se as duas propostas, este mesmo projeto alcançou etiqueta A. Isso demonstra que no geral, a potência instalada e a quantidade de pontos nos projetos foram muito altas.

## 4.2. Quanto ao RTQ-C

Algumas reflexões sobre o RTQ-C foram levantadas durante a etiquetagem dos projetos neste trabalho. Este item percorreu sobre as interpretações entendidas, levantou questões e dúvidas, teceu comentários e deu sugestões para vários trechos do Regulamento, vislumbrando identificar entraves e potencialidades do mesmo.

### 4.2.1. Definições

O RTQ-C cita muitos termos sem dar suas devidas definições. A falta dessas definições permite variadas interpretações e o surgimento de muitas dúvidas, caso o projeto tenha qualquer diferenciação.

Quanto às definições apresentadas, duas foram as mais relevantes para este trabalho, que considerou o método das atividades: *Ambiente* e *Densidade de Potência de Iluminação Limite (DPI<sub>L</sub>)*.

Para o RTQ-C, ambiente é “*Espaço interno de um edifício, fechado por superfícies sólidas, tais como paredes ou divisórias, teto, piso e dispositivos operáveis tais como janelas e portas*”.

Pode-se discutir a aplicação deste conceito no cálculo da eficiência do sistema de iluminação, pois a iluminação não é projetada pensando nas paredes, mas sim na função. Um ambiente, de acordo com a definição do RTQ-C, pode abrigar várias funções distintas com necessidades de níveis de iluminância distintos. Neste caso, os espaços dentro deste ambiente deveriam ser analisados individualmente de acordo com a função, considerando “paredes imaginárias”. Espaços cobertos e iluminados (marquise, varanda, etc.) também deveriam ser considerados ambientes para o cálculo do nível de eficiência energética do sistema de iluminação, como por exemplo, no caso de uma varanda que funciona como salão em um restaurante. Sendo assim, para a iluminação, ambiente deveria ser definido de acordo com a função.

Nos projetos analisados, apesar da definição de ambiente dada pelo RTQ-C, vários ambientes foram

divididos para análise. Desta forma o perímetro considerou a “parede imaginária” e os pré-requisitos foram avaliados em cada uma das partes.

Já a Densidade de Potência de Iluminação Limite ( $DPI_L$ ) é definida pelo RTQ-C como “*limite máximo aceitável de DPI*”.

O método de determinação do nível de eficiência do sistema de iluminação é baseado na Densidade de Potência de Iluminação, que se refere à potência instalada nos ambientes e, portanto, está relacionada à definição de ambientes. No entanto, a Densidade de Potência de Iluminação Limite ( $DPI_L$ ) está diretamente relacionada ao nível de iluminância necessário nos planos de trabalho, ou seja, é necessário identificar qual a atividade a ser executada em cada ambiente para identificar qual é a densidade considerada eficiente. Isto deixa dúvida, pois já que um ambiente limitado por paredes pode ter várias funções, pode também necessitar de vários níveis de iluminância e conseqüentemente vários limites de densidades de potência. Isso demonstra mais uma vez que a definição de ambiente do RTQ-C não faz sentido para os sistemas de iluminação e que nestes casos, ambiente deve estar relacionado à função, e não às paredes (ambiente).

Talvez no método da área do edifício, que avalia de forma conjunta todos os ambientes do edifício e atribui um único valor limite para a avaliação do sistema de iluminação, a definição de ambiente dada pelo RTQ-C se aplique, pois já considera uma média de iluminância e propõe níveis de eficiência com Densidade de Potência de Iluminação Limite de funções mais amplas. Já no método das atividades, que permite o maior detalhamento das funções, o conceito de “ambiente” deveria seguir a função e considerar as “paredes imaginárias”. Um ambiente que exemplifica isto é Biblioteca. No método das áreas, a  $DPI_L$  para o nível A é de  $12,7 \text{ W/m}^2$ ; já no método das atividades, biblioteca se divide em área de arquivamento, área de leitura e área de estantes, com  $DPI_L$  para o nível A de  $7,8 \text{ W/m}^2$ ,  $10 \text{ W/m}^2$  e  $18,4 \text{ W/m}^2$ , respectivamente. Sendo assim, cada uma dessas áreas deveria ser analisada individualmente como um ambiente, mesmo que para isso fosse necessária a inclusão de “paredes imaginárias”.

Quanto às definições que não estão incluídas no RTQ-C, várias são citadas, porém não explicadas, sendo que algumas dessas definições geraram dúvidas quando da aplicação do método das atividades. As mais relevantes foram: área do teto e plano iluminante.

Não fica claro como deve ser calculada a área do teto em casos em que o teto seja inclinado ou tenha alguma clarabóia ou qualquer outro tipo de abertura.

Quanto ao plano iluminante, é mais uma definição importante, inclusive para o entendimento de outras definições. Considerando o plano iluminante como o plano em que estão instaladas as luminárias, fica a dúvida de como considerar caso existam luminárias instaladas em alturas diferentes, como por exemplo, uma sala que seja iluminada por embutidos e pendentes. Além disso, se for considerado como o plano em que a luz é distribuída, há a incerteza de que plano considerar caso as luminárias sejam indiretas: o plano de instalação das luminárias ou o plano de rebatimento da luz. Nos casos de sancas essa dúvida permanece. Essas questões são importantes para se definir a altura do plano iluminante e a área de parede entre o plano iluminante e o plano de trabalho. Nesta pesquisa, a altura do plano iluminante foi considerada a altura de instalação das luminárias que eram responsáveis pela iluminação geral e funcional, sendo que nos casos de iluminação indireta, foi considerada a altura da superfície rebatedora da luz.

#### 4.2.2. Pré-requisitos

Quanto aos pré-requisitos específicos do sistema de iluminação, o RTQ-C faz a verificação quando a etiqueta é A, B ou C. No entanto, nesta pesquisa a verificação foi feita independentemente da etiqueta do projeto, sendo possível analisar mais dados e saber como os projetistas responderam a esses pré-requisitos nos projetos.

Foi considerado que um ambiente atende a um pré-requisito quando este tem potencial para atender e efetivamente atende; foi considerado que um ambiente não atende quando tem potencial para atender, mas não atende; e foi considerado que o pré-requisito não se aplica ao ambiente quando este sequer tem o potencial para atender ao pré-requisito, como, por exemplo, não possuir iluminação natural ou ser menor que  $250\text{m}^2$ . Quando o ambiente não atende ao pré-requisito, este pode ter a sua etiqueta parcial alterada para menor eficiência. No entanto, quando o pré-requisito não se aplica, a etiqueta não se altera. Foi definido que quando o projeto não informa os dados para análise, considera-se como não atendimento ao pré-requisito.

O pré-requisito *Divisão de Circuitos* verifica se cada ambiente fechado por paredes ou divisórias até o teto possui pelo menos um dispositivo de controle manual para o acionamento independente da iluminação interna do ambiente, sendo que este deve ser facilmente acessível e localizado de tal forma que seja possível ver todo o sistema de iluminação que está sendo controlado (BRASIL, 2010b). É importante ressaltar que existem ambientes principalmente comerciais como restaurantes, lojas, auditórios e cinemas, por exemplo,



que não devem ter esses dispositivos em locais onde pessoas não autorizadas tenham acesso. Apenas em ambientes como escritórios, banheiros, depósitos, cozinhas, salas de aula e vestiários, dentre outros, isso se aplica. Deveria haver algum outro critério para o atendimento ou não deste pré-requisito ou excluir alguns usos, da mesma forma que foram excluídos alguns sistemas de iluminação complementar do cálculo da potência instalada.

Quanto à *Contribuição de Luz Natural*, este pré-requisito verifica se os ambientes com abertura(s) voltada(s) para o ambiente externo ou para átrio não coberto ou de cobertura translúcida e que contenham mais de uma fileira de luminárias paralelas à(s) abertura(s) possuem um controle instalado, manual ou automático, para o acionamento independente da fileira de luminárias mais próxima à abertura, de forma a propiciar o aproveitamento da luz natural disponível (BRASIL, 2010b). Em ambientes com aberturas para varandas, é necessário maior detalhamento para a aplicação ou não deste pré-requisito. De acordo com o capítulo sobre envoltória do RTQ-C (BRASIL, 2010b), a abertura entra no cálculo de percentual de abertura na fachada (PAF) quando a profundidade da varanda não ultrapasse duas vezes a altura do pé direito. Para a iluminação, deve-se dizer se esta regra vale para a aplicação do pré-requisito em questão. É importante ressaltar que a iluminação também é considerada como um elemento estético. Existem situações em que um conjunto de luminárias deve permanecer todo aceso ou apagado para que se atinja o objetivo esperado, mesmo que alguma luminária deste conjunto esteja próxima às aberturas. Nesses casos este pré-requisito pode prejudicar a etiqueta do projeto.

O pré-requisito *Desligamento Automático do Sistema de Iluminação* verifica se o sistema de iluminação interna de ambientes maiores que 250 m<sup>2</sup> possui um dispositivo de controle automático para desligamento da iluminação (BRASIL, 2010b). Fica a dúvida em como considerar ambientes que possuem mais de uma função, com usos distintos, em que não se deve ter o desligamento automático de uma das funções.

#### 4.2.3. Método das Atividades

O RTQ-C diz que este método deve ser utilizado para edifícios em que o Método das Áreas não é aplicável, mas por se tratar de um método mais detalhado, foi escolhido para análise dos projetos desta pesquisa.

No entanto, as etapas para avaliação contidas no RTQ-C geraram muitas dúvidas para a etiquetagem dos projetos. Muitos passos e informações não estão descritos no Regulamento.

Houve muita dificuldade para entender a metodologia de cálculo proposta pelo RTQ-C. Foi necessária a colaboração de profissionais dos laboratórios cadastrados pelo Inmetro para o esclarecimento de dúvidas e sobre a correta forma de aplicação da metodologia, mostrando assim que o RTQ-C não é por si só suficientemente claro. Por isso foi feita uma sugestão de roteiro para etiquetagem com as etapas mais detalhadas na Metodologia.

### 4.3. Quanto à prática projetual

Baseando-se a prática atual aos projetos considerados exemplares avaliados nesta pesquisa, percebe-se que esta não tem levado os projetos a conseguirem altos níveis de eficiência energética. Vale lembrar que quando os projetos analisados foram executados, o RTQ-C ainda não tinha sido lançado.

Foi verificado que muitos dados necessários para a etiquetagem não são apresentados nos projetos e que várias questões relativas aos pré-requisitos não são consideradas, lembrando que só o atendimento aos pré-requisitos não é garantia de uma boa etiqueta, sendo necessário diminuir a potência instalada nos projetos.

## 5. CONCLUSÕES

Pode-se concluir que existem entraves e potencialidades na aplicação do RTQ-C em projetos de iluminação artificial e que os agentes envolvidos no processo de etiquetagem (projetistas, academia e órgãos reguladores) têm questões a serem discutidas com relação ao RTQ-C quanto à prática projetual no que diz respeito à eficiência energética.

O RTQ-C é um regulamento recente sobre eficiência energética em edifícios, que poderá levar em consideração também aspectos específicos de projetos de iluminação e de conforto visual. A criação de espaços multifunções, que é uma prática real nos projetos, é um entrave para este regulamento por aumentar a potência instalada e piorar o nível de eficiência energética do projeto.

Outro entrave é o limite de potência instalado definido em suas tabelas, pois, como foi visto, luminárias com aletas que são amplamente utilizadas em projetos pela sua característica de melhorar o

conforto visual, mesmo usadas apenas para iluminação funcional, não permitem altos níveis de eficiência energética ao projeto. Sendo assim, com iluminação indireta e com efeitos que “personalizam” esses projetos, as etiquetas nunca chegarão a altos níveis de eficiência, o que mostra que conforto visual e RTQ-C ainda não caminham juntos.

Ainda assim, possui uma grande potencialidade para direcionar os projetos de iluminação para a efficientização energética. No entanto, o maior desafio deste regulamento é que limita-se apenas a aspectos técnicos e quantitativos, enquanto o projeto de iluminação não se faz só tecnicamente, mas sim considerando aspectos qualitativos como conforto visual e ambientação de cenários.

Quanto à prática projetual, considerando os projetos analisados, esta não está atingindo bons níveis de eficiência energética. No entanto, no que diz respeito às considerações dos projetistas em relação ao desenvolvimento dos projetos de iluminação, percebeu-se que o conforto visual foi uma preocupação sempre presente, citado desde o memorial descritivo até a escolha das luminárias. Apesar da escolha das luminárias para se atingir esses objetivos prejudique a etiqueta, ainda assim não se deve abrir mão do conforto visual em prol da eficiência energética. Sendo assim, os níveis de  $DPI_L$  devem ser revistos no RTQ-C para que se consiga um bom nível de eficiência com luminárias que garantam o conforto visual.

Outro aspecto observado na prática projetual é que todos seguem a premissa de ter um sistema principal responsável pela iluminação funcional e um sistema secundário responsável pela “personalidade” da iluminação. O sistema secundário é o toque pessoal do projetista, que utiliza efeitos para atingir seus objetivos e em muitas vezes permite a criação de cenas distintas em um mesmo ambiente, utilizando-se de vários sistemas acionados em combinações diferentes. Esta iluminação é normalmente a responsável pela grande quantidade de pontos de luz nos projetos, no entanto é o que caracteriza o estilo do projetista e diferencia os projetos entre si.

Ainda assim, os projetistas deverão adequar seus projetos ao novo panorama de efficientização energética. Deverão dar mais informações para os cálculos e análises, atentar aos pré-requisitos, utilizar fontes mais modernas e eficientes e rever alguns conceitos, sempre mantendo seus aspectos qualitativos sem abrir mão do conforto visual.

Estes são alguns entraves desses dois campos (eficiência energética e prática projetual) que precisam se aproximar. Essa compatibilização deverá considerar a criatividade e a “personalidade” do projeto, o conforto visual e a eficiência e deve resultar em bons projetos de iluminação com bons níveis de eficiência energética.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABILUX (São Paulo). **Associação Brasileira da Indústria de Iluminação**. Disponível em: <<http://www.abilux.com.br/portal/>>. Acesso em: 07 set. 2012.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 5413**: Iluminância de interiores. Rio de Janeiro, 1992. 13 p.
- BRANDSTON, Howard M.. **Aprender a Ver: a essência do design de iluminação**. São Paulo: De Maio Comunicação e Editora, 2010. 154 p. Tradução de: Paulo Scarazzato.
- BRASIL (2010a). Ministério de Minas e Energia. Plano Nacional de Eficiência Energética, 2010. Disponível em: <[http://www.mme.gov.br/mme/galerias/arquivos/noticias/2010/PNEf\\_-\\_Premissas\\_e\\_Dir\\_Basicas.pdf](http://www.mme.gov.br/mme/galerias/arquivos/noticias/2010/PNEf_-_Premissas_e_Dir_Basicas.pdf)>. Acesso em: mar/2011.
- BRASIL (2010b). Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO). **Portaria nº372, de 17 de setembro de 2010**. Requisitos Técnicos da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C). Rio de Janeiro, 2010. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/legislacao/rtac/pdf/RTAC001599.pdf>>. Acesso em: mar/2011.
- ILLUMINATING ENGINEERING SOCIETY OF NORTH AMERICA - IESNA. **The IESNA Lighting handbook**. 9. ed. New York, 2000.
- LAMBERTS, Roberto; DUTRA, Luciano; PEREIRA, Fernando O. R. **Eficiência energética na arquitetura**. 2. ed. São Paulo: ProLivros, 2004. 188 p.
- MAGALHÃES, Luiz Carlos. **Orientações gerais para conservação de energia elétrica em prédios públicos**. 1. ed. PROCEL, abr. 2001.
- PIMENTA, José Luiz. Led: uma fonte de luz promissora. **Lume Arquitetura**, São Paulo, n. 23, p.34-40, dez. 2006. Bimestral.
- PROCEL (2009). **Manual para aplicação do RTQ-C. Volume 4**. \_\_\_\_\_: PROCEL, 2009.
- SILVA, Mauri Luiz da. **Iluminação - Simplificando o Projeto**. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2009. 172 p.