

## **ANÁLISE DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA PARA SISTEMA DE ILUMINAÇÃO DE ESCRITÓRIO EM PRÉDIO COMERCIAL**

**Alair Henrique Fernandes (1); Roberta V. Gonçalves de Souza (2)**

(1) Engenheiro Eletricista, Especialista em Sistemas Tecnológicos e Sustentabilidade Aplicados ao Ambiente Construído pela Escola de Arquitetura da Universidade Federal de Minas, alair.fernandes@uol.com.br

(2) Doutora, Professora do Departamento de Tecnologia da Arquitetura e Urbanismo, robertavgs2@gmail.com

Universidade Federal de Minas – LABCON, Belo Horizonte - MG, 30130-140, Tel.: (31) 3409-8823

### **RESUMO**

A proposta deste trabalho foi de avaliar o sistema de iluminação de um escritório comercial na cidade de Belo Horizonte, em Minas Gerais, no que diz respeito à sua eficiência. A iluminância dos diversos ambientes foi medida segundo os procedimentos prescritos nas normas ABNT NBR 5382/1985 – Verificação de Iluminância de Interiores e ABNT NBR 15215-4/2005 – Iluminação Natural – Parte 4 – Verificação experimental das condições de iluminação interna de edificações e, em seguida, os resultados foram comparados com os limites determinados na norma ABNT NBR ISO/CIE 8995-1/2013 - Iluminação de ambientes de trabalho Parte 1: Interior. Foram avaliados os Requisitos Técnicos da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos através do método das atividades do edifício. Um software computacional livre, o DIALUX, foi utilizado para simular as condições atuais e propostas de melhoria visando reduzir o consumo de energia elétrica e tornar as instalações mais eficientes sem prejudicar as condições de conforto visual dos usuários. As simulações realizadas mostraram que a substituição e redistribuição dos conjuntos de lâmpadas, luminárias e reatores nos principais ambientes garantem uma economia de 32,8% no consumo de energia elétrica e a alteração do nível de eficiência energética de C para A, que é a classificação mais eficiente. As modificações sugeridas proporcionaram também uma melhor distribuição da iluminação e a integração dos sistemas de iluminação artificial e natural.

Palavras-chave: Iluminação. Eficiência energética.

### **ABSTRACT**

The purpose of this study is to evaluate the lighting system of a commercial office in the city of Belo Horizonte, Minas Gerais, in regard to its efficiency. The illuminance of the various rooms was measured according to the procedures prescribed in ABNT NBR 5382/1985 - Verification of illuminance Interior and ABNT NBR 15215-4/2005 - Natural lighting - Part 4 - Experimental verification of the conditions of indoor lighting of buildings and then the results were compared with the limits set in the standard ISO / CIE 8995-1/2013 - Lighting of work environments Part 1: Interior. The office lightings was classified according to the Quality of Technical Requirements for Level Energy Efficiency of Commercial and Public Service Buildings by the method of building activities. A free computer software, DIALUX, was used to simulate current conditions and proposals for improvements aimed at reducing energy consumption and make the most efficient installations without harming the conditions of visual comfort of the users. The simulations showed that the substitution and redistribution of set of lamps, ballasts and luminaire in the main rooms guarantee a saving of 32.8% on energy consumption and the change in the level of energy efficiency from C to A, which is the more efficient classification. The modifications suggested provided also a better distribution of the lighting and the integration of the systems of natural and artificial lighting.

Keywords: Lighting. Energy Efficiency.

## 1. INTRODUÇÃO

Segundo dados de Brasil (2015), o consumo de energia elétrica no Brasil passará de 473.395GWh em 2014 para 693.469GWh em 2024 a uma taxa de crescimento de 3,9% ao ano. Isso representa um aumento de 46,5% no consumo de energia elétrica. Na distribuição por setor, o industrial passará de 37,6% para 34,2%. O setor residencial passará de 27,9% para 28,9%. O setor comercial passará de 19,0% para 21,6% e os demais setores somados passarão de 15,5% para 15,3%. O aumento mais significativo será no setor comercial, o que pode ser justificado pela “[...] evolução da economia nacional no sentido de uma economia mais desenvolvida e com melhor distribuição de renda, solicitando serviços e segmentos comerciais de crescente sofisticação, aliados ao potencial turístico do país” (BRASIL, 2015, p. 52).

Segundo Santos, et. al., (2007, p.55), a iluminação é responsável por, aproximadamente, 24% do consumo de energia elétrica no setor residencial, 44% no setor comercial e serviços públicos e 1% no setor industrial. Embora dentro do próprio setor comercial e de serviços públicos exista grande variabilidade de perfis de consumo, a iluminação é comum a quase todos e representa o maior percentual (ASSIS, s.d.).

Motivado pela crise energética ocorrida no país em 2001, foi instituído dois anos depois o Programa Nacional de Eficiência Energética em Edificações (PROCEL EDIFICA) pela Eletrobrás/Procel em conjunto com Ministério de Minas e Energia, Ministério das Cidades, universidades, centros de pesquisa, entidades das áreas governamental, tecnológica, econômica e de desenvolvimento e do setor da construção civil (CENTRO BRASILEIRO DE INFORMAÇÃO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA, 2014). Em 2009 foi instituído no Brasil o Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C) através da Portaria nº 53, sendo atualizado posteriormente pela Portaria nº 163, de 08 de junho de 2009, pela Portaria nº 372 de 17 de setembro de 2010, pela Portaria nº 17 de 16 de janeiro de 2012 e pela Portaria n.º 299, de 19 de junho de 2013. O RTQ-C classifica o nível de eficiência energética das edificações de A (mais eficiente) a E (menos eficiente) avaliando e classificando individualmente os sistemas de Envolvória, iluminação e Ar Condicionado. Entretanto o RTQ-C não considera a iluminância dos ambientes na classificação do sistema de iluminação. Brendolan, Amorim e Teixeira (2013) afirmam que um entrave do RTQ-C é o limite de potência instalada, definido em suas tabelas por causa das luminárias com aletas que são utilizadas para melhorar o conforto visual, mas não permitem altos níveis de eficiência energética. Sendo assim, sugerem que os níveis sejam revistos. No Brasil os limites de iluminância são determinados na norma ABNT NBR ISO/CIE 8995-1/2013 - Iluminação de ambientes de trabalho - Parte 1: Interior.

Diante disso, o trabalho a seguir apresentará um estudo de eficiência energética do sistema de iluminação de um escritório comercial baseado nos limites de iluminância assegurados na norma brasileira ABNT NBR ISO/CIE 8995-1/2013, nos critérios do RTQ-C e nas condições de conforto visual dos usuários.

## 2. OBJETIVO

O objetivo deste trabalho foi de avaliar o sistema de iluminação de um escritório comercial na cidade de Belo Horizonte, em Minas Gerais, no que diz respeito à sua eficiência, considerando o sistema de iluminação existente e as condições de conforto dos usuários.

## 3. MÉTODO

O método deste trabalho está dividido nas seguintes etapas:

1. Identificação do local.
2. Medição do nível de iluminamento natural e artificial.
3. Simulação computacional da instalação atual.
4. Cálculo da densidade de potência instalada.
5. Análise dos dados obtidos.
6. Simulação computacional para iluminação artificial proposta.
7. Cálculo da nova densidade de potência para avaliação da eficiência energética.

### 3.1. Identificação do local

O escritório monitorado é o 2º pavimento de um edifício comercial de 438,65m<sup>2</sup> distribuído em ambientes como indicado na Figura 1 e se situa na região centro-sul de Belo Horizonte, em Minas Gerais.

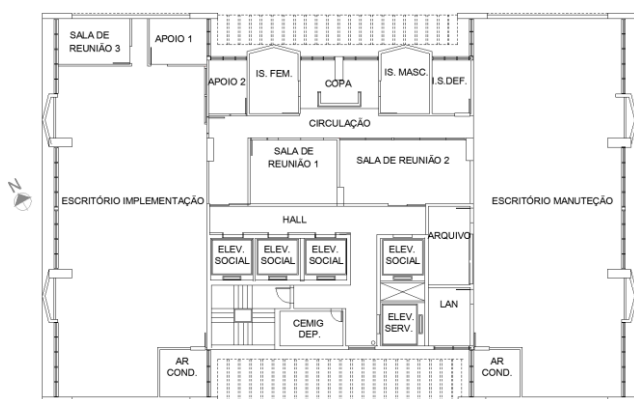


Figura 1 – Planta baixa do escritório.

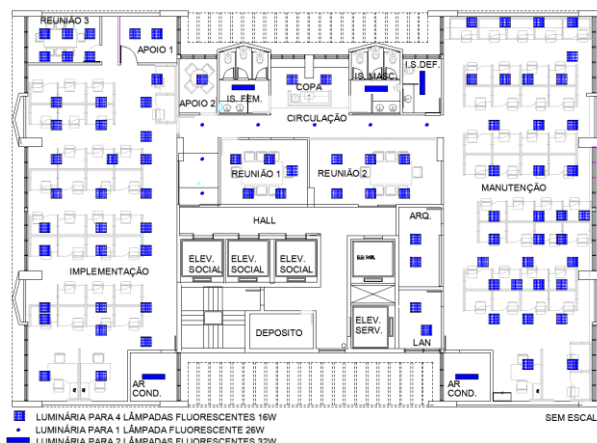


Figura 2 – Distribuição atual das luminárias.

### 3.1.1. Caracterização do local

A fachada principal do edifício está voltada para o noroeste. Nesta mesma vista encontram-se as janelas da sala denominada Escritório de Implementação, cuja área é de 134,04m<sup>2</sup> e da sala de Reunião 3, cuja área é de 9,39m<sup>2</sup>. Na fachada sudoeste encontram-se as janelas da sala denominada Escritório de Manutenção e sua área é a maior de todas com 153,81m<sup>2</sup>.

Internamente, com exceção dos banheiros e salas de ar condicionado, todo o piso das salas e da Copa é revestido com piso vinílico na cor azul com refletância de 20%<sup>1</sup> e as paredes são na cor predominante azul sereno de refletância de 72%<sup>1</sup>. O teto é rebaixado a 2,40m com forro de aglomerado na cor branca e refletância de 80%<sup>1</sup>. Todas as janelas externas possuem esquadrias em alumínio com vidro fumê. Na parte interior do ambiente as janelas possuem persianas de alumínio pintadas na cor cinza claro, para proteção contra incidência direta de raios solares. Os postos de trabalho são compostos por baias na cor bege agrupadas paralelamente. A iluminação dos escritórios, salas de reunião, apoio, LAN, copa e arquivo é feita através de luminárias embutidas no teto, com aletas e quatro lâmpadas fluorescentes de 16W. A Figura 2 mostra a distribuição atual das luminárias. A Tabela 1 mostra a de potência de iluminação instalada em cada ambiente.

Tabela 1 - Potência de iluminação

Ambiente	Atividade	Quantidade de luminárias			Potência total [W]
		4x16W (70W)	2 x 32W (58W)	1 X 26W (26W)	
Sala de Reunião 1	Escritório	5			350
Sala de Reunião 2	Escritório	6			420
Sala de Reunião 3	Escritório	6			420
Apoio 1	Escritório	2			140
Apoio 2	Escritório	1			70
Banheiro Feminino	Banheiros		2		116
Banheiro Masculino	Banheiros		2		116
Banheiro para Deficientes	Banheiros		1		58
Escritório Manutenção	Escritório	34			2.380
Escritório Implementação	Escritório	27			1.890
LAN	Casa de Máquinas	2			140
Arquivo	Área de arquivamento	2			140
Ar Condicionado 1	Casa de Máquinas		1		58
Ar Condicionado 2	Casa de Máquinas		1		58
Copa	Cozinhas	2			140
Circulação	Circulação			7	182
<b>Total</b>		<b>87</b>	<b>7</b>	<b>7</b>	<b>6.678</b>

<sup>1</sup> Por falta de dados dos fabricantes, foram adotadas as referências do banco de dados do DIALUX através de comparação por fotos.

### 3.1.2. Condições de conforto visual

As condições de conforto visual foram identificadas através de visita ao local, onde foi possível identificar que a toda iluminação artificial das salas fica permanentemente ligada, mesmo que existam poucas pessoas trabalhando no local. Foi observado também que as luminárias dos escritórios da Implementação e da Manutenção não estão uniformemente distribuídas sobre os postos de trabalho, criando locais com sombreamento e locais com concentração de luz. O uso da iluminação natural não é uma unanimidade, pois foram identificadas persianas semiabertas, totalmente fechadas, e outras totalmente abertas. Foi identificado também que a iluminação de cinco salas possui comando agrupado, obrigando todas as lâmpadas ficarem acessas, mesmo que apenas um ambiente esteja ocupado.

### 3.2. Medição do nível de iluminamento natural e artificial

Os iluminamentos nos ambientes foram medidos através dos métodos de verificação determinados pela Normas Brasileiras ABNT NBR 5382/1985 e ABNT NBR 15215-4/2005 e comparados com os limites determinados na Norma Brasileira ABNT NBR ISO/CIE 8995-1/2013. As medições foram feitas utilizando um luxímetro digital modelo MLM-1010 de fabricação da empresa Minipa. As Figuras 3 e 4 apresentam a representação gráfica das medições de iluminamento artificial e natural, respectivamente.

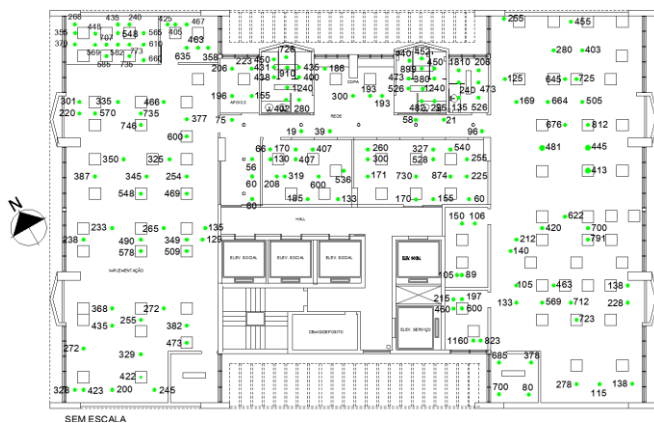


Figura 3 – Iluminação artificial - Valores medidos.



Figura 4 – Iluminação natural - Valores medidos

### 3.3. Simulação computacional da instalação atual

Através do software Dialux, foi possível simular a iluminação natural nos ambientes, como mostram as Figuras 5 e 6. Pela representação de cores falsas foi possível identificar os postos de trabalho próximos às janelas que recebem incidência direta da luz solar, justificando a necessidade de barreiras físicas. As simulações da iluminação natural foram feitas considerando as 15h00 do dia 22 de dezembro, que representa o solstício de verão. Para a iluminação artificial foram consideradas as 22h00 do dia 15 de junho de 2014, por ser a mesma data e horário das medições.

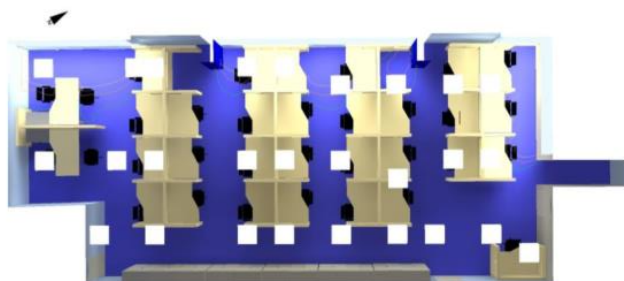


Figura 5 - Iluminação natural.

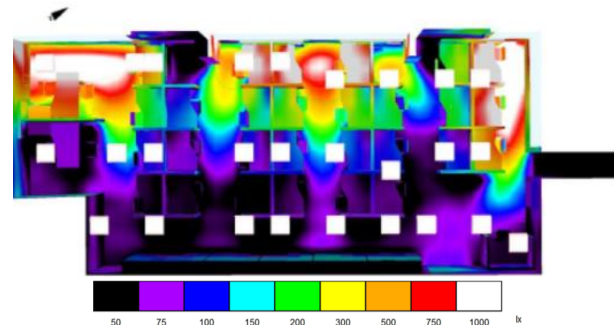


Figura 6 – Cores falsas

### 3.4. Cálculo da densidade de potência instalada

A avaliação do sistema de iluminação do escritório segundo os requisitos técnicos da qualidade para o nível de eficiência energética foi feita através do Método das Atividades, onde cada ambiente foi avaliado individualmente. Este método foi adotado como alternativa ao Método da Área porque o edifício possui mais de três atividades principais, como por exemplo, escritório comercial, central de telefonia celular, estacionamento, venda e locação de veículos.

#### 3.4.1. Desenvolvimento do Método

Para o desenvolvimento do método, foram seguidas as etapas:

- Identificação das atividades, segundo a tabela 4.2 do RTQ-C;
- Cálculo da potência de Iluminação, em W, de cada ambiente, obtida através da soma da dissipação dos reatores e das potências das lâmpadas de cada ambiente;
- Cálculo da potência de iluminação total, em W, do escritório, obtida através da soma da dissipação dos reatores e das potências das lâmpadas, em W, de todos os ambientes;
- Identificação da área, em m<sup>2</sup>, de cada ambiente, obtido através da multiplicação da largura, em m, pelo comprimento, em m, de cada ambiente;
- Identificação da Densidade de Potência de Iluminação Limite, em W/m<sup>2</sup>, para cada atividade, segundo a tabela 4.2 do RTQ-C;
- Cálculo da Potência de Iluminação Limite para cada ambiente, em W, obtida através da multiplicação da área [m<sup>2</sup>] pela Densidade de Potência de Iluminação Limite para cada atividade em cada nível classificação, dada em W/m<sup>2</sup>;
- Identificação da classificação prévia de cada ambiente, obtida através da comparação da Densidade de Potência de iluminação, em W/m<sup>2</sup>, para cada ambiente com a Densidade de Potência de Iluminação Limite, em W/m<sup>2</sup>, da tabela 4.2 do RTQ-C;
- Identificação do equivalente numérico (EqNum) do sistema de iluminação, obtido através da comparação da Potência Total de Iluminação do pavimento, em W, com o somatório das Potências de Iluminação Limite, em W, de todos os ambientes para cada nível de classificação;
- Aplicação dos pré-requisitos de Divisão de Circuitos, Contribuição da Luz Natural e Desligamento Automático para cada ambiente, onde os ambientes que não atenderem ao pré-requisito de Divisão de Circuitos podem obter, no máximo, a classificação D, os ambientes que não atenderem ao pré-requisito de Contribuição da Luz Natural podem obter, no máximo, a classificação C e os ambientes que não atenderem ao pré-requisito de Desligamento Automático podem obter, no máximo, a classificação B;
- Identificação da classificação final para cada ambiente, obtida através da comparação da classificação prévia com a classificação após a aplicação dos pré-requisitos e escolhendo a de menor valor;
- Cálculo do EqNum final do escritório, obtido através da razão entre a soma das potências de iluminação ponderadas e não ponderadas pelos pré-requisitos e a potência total de iluminação do escritório;
- Determinação da classificação final do escritório, através da comparação do EqNum final com a tabela de classificação geral do RTQ-C. A classificação atual é mostrada na Figura 7.

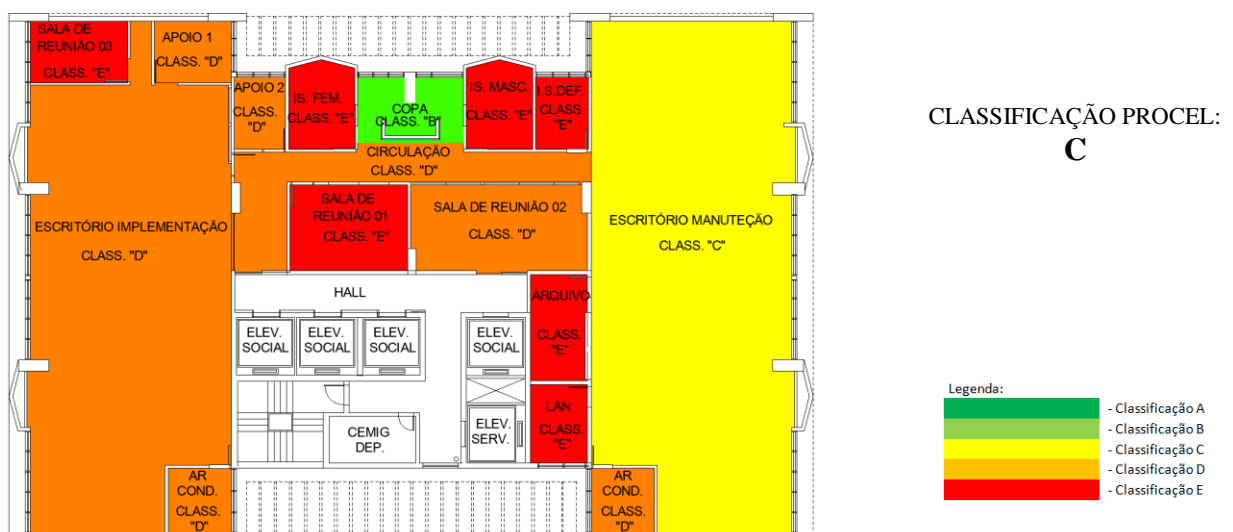


Figura 7 – Classificação atual.

### 3.5. Análise dos dados obtidos

Segundo Moreira (1987), a eficiência luminosa de uma fonte é dada pela Equação 1.

$$\eta = \frac{\Phi}{P} \quad \text{Equação 1}$$

Onde:

$\eta$  é a eficiência luminosa da fonte [lm/W];

$\Phi$  é o fluxo luminoso total emitido pela fonte [lm];

$P$  é a potência elétrica consumida [W].

E segundo Brasil (2012), a densidade de potência de iluminação é dada pela equação 2.

$$\text{DPI} = \frac{(P+p)}{A} \quad \text{Equação 2}$$

Onde:

DPI é a densidade de potência de iluminação [W/m<sup>2</sup>];

$P$  é a potência da lâmpada [W];

$p$  é a perda no reator[W];

$A$  é a área do ambiente [m<sup>2</sup>].

Pode-se dizer que a maior eficiência energética é alcançada quando o fluxo luminoso é máximo e a potência elétrica consumida é mínima.

### 3.6. Simulação computacional para iluminação artificial proposta

A partir do software Dialux foram testadas diversas situações alternando a substituição das luminárias e das lâmpadas existentes por outras de melhor eficiência e a substituição dos reatores por outros de menores perdas. As simulações foram feitas considerando a utilização exclusiva de lâmpadas fluorescentes de 14 e 28W em luminárias com aletas e embutidas no forro. Para melhor embasamento do estudo, foram simuladas as situações atuais e diversas propostas de melhorias em cada sala do escritório. Os resultados da distribuição de luminárias, iluminamento e potência elétrica foram comparados com a situação atual, conforme demonstrado em 3.6.1.

#### 3.6.1. Sala de Implementação

Na situação atual há 27 luminárias de embutir, modelo CAA01-E416, de fabricação da Lumicenter, instaladas cada uma, com 4 lâmpadas de 16W e dois reatores com dissipação de 35W para o acionamento de 2 lâmpadas. As Figuras 8 e 10 mostram a distribuição atual e a representação de cores falsas, respectivamente.

Foi proposto reduzir as luminárias para 22 unidades, utilizando o modelo FAA20-E414 de fabricação da Lumicenter, e substituindo os reatores para o modelo QTP5 2x14/220-240, conforme demonstrado na Figura 9.

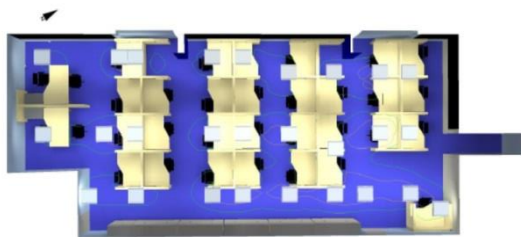


Figura 8 – Distribuição atual

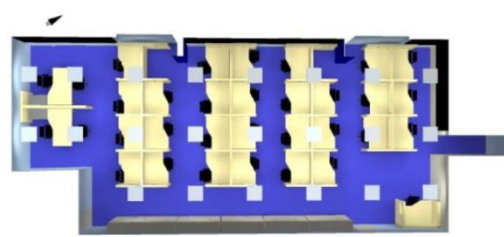


Figura 9 – Distribuição proposta

A Distribuição de cores falsas da Figura 11 mostra como foi possível minimizar os pontos de excesso e de falta de luz.



A iluminância média atual é de 461lux. A iluminância final obtida é de 480lux, próximo dos 500lux recomendados pela ABNT NBR ISO/CIE 8995-1/2013.

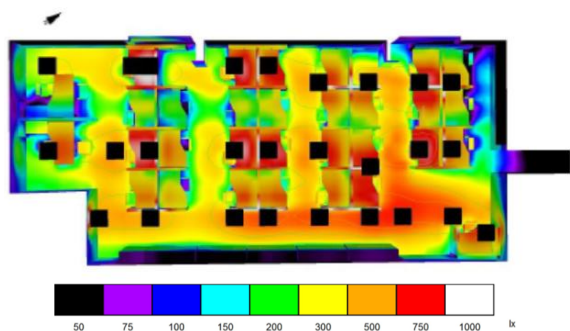


Figura 10 – Representação de cores falsas atual

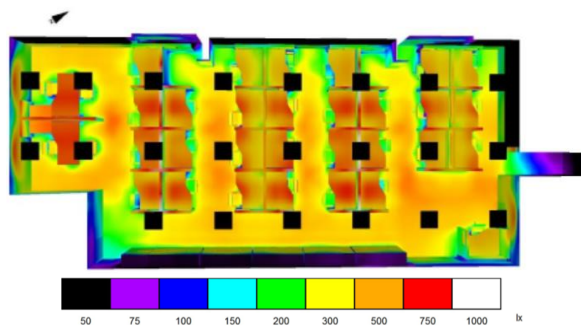


Figura 11 – Representação de cores falsas proposta

### 3.7. Cálculo da nova densidade de potência para avaliação da eficiência energética

A Tabela 2 mostra o resumo do cálculo da nova densidade de potência e indica a classificação final para cada ambiente.

Tabela 2 – Classificação final

Ambiente	Densidade de potência de iluminação calculada - (DPI) [W/m <sup>2</sup> ]	Pré-requisitos			Potência Ponderada [W]	Classificação do ambiente	Classificação final
		Divisão de circuitos	Contribuição da luz natural	Desligamento automático			
Sala de Reunião 1	7,60	SIM	Não aplicado	Não aplicado	600	A	A
Sala de Reunião 2	10,25	SIM	Não aplicado	Não aplicado	1200	A	
Sala de Reunião 3	12,78	SIM	SIM	Não aplicado	600	B	
Apoio 1	16,13	SIM	SIM	Não aplicado	600	C	
Apoio 2	10,20	SIM	Não aplicado	Não aplicado	300	A	
Banheiro Feminino	13,44	SIM	Não aplicado	Não aplicado	580	E	
Banheiro Masculino	13,44	SIM	Não aplicado	Não aplicado	580	E	
Banheiro para Deficientes	9,80	SIM	Não aplicado	Não aplicado	290	E	
Escritório de Manutenção	9,75	SIM	SIM	Não aplicado	7500	A	
Escritório de Implementação	9,85	SIM	SIM	Não aplicado	6600	A	
LAN	20,00	SIM	SIM	Não aplicado	700	E	
Arquivo	14,83	SIM	Não aplicado	Não aplicado	700	E	
Ar Condicionado 1	9,05	SIM	Não aplicado	Não aplicado	290	D	
Ar Condicionado 2	9,05	SIM	Não aplicado	Não aplicado	290	D	
Copa	11,28	SIM	Não aplicado	Não aplicado	700	B	
Circulação	7,57	SIM	Não aplicado	Não aplicado	910	B	
Total	-	-	-	-	22440	-	
EqNum							5

## 4. ANÁLISE DE RESULTADOS

A seguir serão apresentados os resultados obtidos nesta pesquisa no que diz respeito à potência elétrica, à iluminância e ao fluxo luminoso, comparando-os com a situação atual.

#### 4.1. Potência elétrica, iluminância e fluxo luminoso

A Tabela 3 mostra a comparação da potência elétrica, iluminância e fluxo luminoso em cada ambiente na situação atual e na melhor proposta de substituição. O percentual de redução da potência elétrica também é evidenciado.

Pela simulação, a substituição e redução do número de luminárias no escritório de Implementação aumentará a iluminância média em 4,1% e o fluxo luminoso em 7,6%. A potência elétrica será reduzida em 30,2%. Embora iluminância média existente esteja dentro da tolerância de 10%, a nova iluminância será mais próxima dos 500lux recomendados pela norma. No escritório de Manutenção, a substituição e redução do número de luminárias aumentará a iluminância média em 4,3%. O fluxo luminoso será reduzido de 2,9% e a potência elétrica será reduzida de 37,0%. Nesta sala, mesmo com a redução do fluxo luminoso, a iluminância média será maior que os 500lux recomendados pela norma. A Sala de Reunião 1, cuja a iluminância média é de 773 lux, está 54,6% acima do limite de 500 lux da norma. Pela nova proposta, a iluminância média será de 535 lux. Embora esse valor também seja maior que o limite, ele é aceitável por estar dentro dos 10% de tolerância. Para esta situação, a substituição e redução do número de luminárias reduzirá a iluminância em 30,8%, o fluxo luminoso em 38,9% e a potência elétrica em 65,7%. Na Sala de Reunião 2, a substituição e redução do número de luminárias reduzirá a iluminância média em 19,4%, sem ultrapassar os 10% de tolerância. O fluxo luminoso será reduzido em 12,0% e a potência elétrica em 42,9%. Na sala de reunião 3, a substituição e redução do número de luminárias reduzirá a iluminância média em 55,2%, o fluxo luminoso em 56,0% e a potência elétrica 71,4%. Nas Salas de Apoio 1 e 2 as melhores propostas são para substituição das luminárias sem redução do número. Nas duas salas a potência elétrica será reduzida de 14,3%. Na sala 1 a iluminância média aumentará, superando a tolerância de 10%. Excepcionalmente neste caso optou-se por manter a iluminância média acima da tolerância porque com apenas uma luminária os valores não ultrapassam a 360lux. Na sala de Apoio 2 a iluminância média aumentará em 14,1% atingindo a tolerância de 10% da norma. O fluxo luminoso aumentará de 44,6%.

Tabela 3 – Resumo das simulações

Parâmetro	Opção	Luminárias		Iluminância Média [lux]	Fluxo luminoso total [lm]	Potência por luminária [W]	Potência total de iluminação do ambiente [W]	Redução de potência elétrica [%]
		Modelo	Quantidade					
Escritório de Implementação	Atual	CAA01	27	461	83659	70	1890	-
	Proposta	FAA20	22	480	90024	60	1320	-30,2
Escritório de Manutenção	Atual	CAA01	34	486	105349	70	2380	-
	Proposta	FAA20	25	507	102300	60	1500	-37,0
Sala de Reunião 1	Atual	CAA01	5	773	15492	70	350	-
	Proposta	FAA04	1	535	9465	120	120	-65,7
Sala de Reunião 2	Atual	CAA01	6	592	18591	70	420	-
	Proposta	FAA20	4	477	16368	60	240	-42,9
Sala de Reunião 3	Atual	CAA01	6	1095	18591	70	420	-
	Proposta	FAA20	2	491	8184	60	120	-71,4
Apoio 1	Atual	CAA01	2	642	6197	70	140	-
	Proposta	FAA20	2	696	8184	60	120	-14,3
Apoio 2	Atual	CAA01	1	412	3098	70	70	-
	Proposta	FAA04	1	470	4481	60	60	-14,3

A Tabela 4 mostra o percentual de economia da potência elétrica para os ambientes modificados e não modificados. As propostas de substituição e redução de luminárias possibilitam uma redução na potência instalada em 32,8%. A potência economizada nos ambientes modificados é superior à potência instalada nos locais não modificados.



Tabela 4 - Comparativo de potências elétricas

Item	Potência [W]			% de Economia
	Inicial	Final	Diferença	
Potência total instalada	6678	4488	2190	32,8%
Potência total dos ambientes modificados	5670	3480	2190	38,6%
Potência total dos ambientes não modificados	1008	1008	0	0%
Potência total das lâmpadas nos ambientes modificados	5184	3248	1936	37,4%
Perdas totais nos reatores nos ambientes modificados	486	232	254	52,3%

## 4.2. Classificação Segundo o RTQ-C

A Figura 12 mostra o comparativo entre a classificação atual e a classificação proposta para cada ambiente segundo os requisitos do RTQ-C, evidenciando que na situação atual a classificação geral é C e na situação proposta a classificação geral será A.

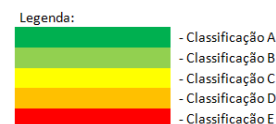


Figura 12 – Comparativo da classificação inicial e final

## 5. CONCLUSÕES

A partir dos resultados obtidos é possível verificar que as soluções propostas trazem uma redução da potência instalada de 2.190W, o que corresponde a 32,8% da potência instalada inicialmente. Ainda é possível verificar que 88,4% da redução correspondem à troca das lâmpadas e 11,6% correspondem à troca dos reatores.

Os reatores são equipamentos auxiliares e imputam perdas de energia no sistema. Na situação atual estas perdas representavam 7,3% da energia consumida. Após as intervenções propostas, as perdas nos reatores passaram a representar 5,2% de toda a energia consumida no sistema de iluminação. A economia total poderia chegar a 36,3% caso os reatores não tivessem perdas, o que na prática ainda não é possível.

Os resultados mostram ainda que a eficiência do sistema de iluminação está diretamente ligada às perdas nos reatores.

Através das simulações pode-se notar também que um número excessivo de luminárias não garante que o ambiente esteja bem iluminado. É preciso que as luminárias estejam corretamente dimensionadas e uniformemente distribuídas em função do layout, da geometria e das dimensões do ambiente.

Para garantir a classificação A no sistema de iluminação não bastará a troca das lâmpadas, reatores e luminárias. É preciso atender também aos pré-requisitos de divisão de circuitos e aproveitamento da luz natural nos ambientes.

Sugere-se que as condições de conforto dos usuários e, principalmente a manutenção do sistema de iluminação, devam ter enfoque específico, até mesmo como um pré-requisito na classificação dos ambientes.

Mesmo que as edificações atinjam a classificação A em projetos de sistemas de iluminação, é preciso ter o comprometimento de mantê-lo e revisá-lo periodicamente. No contrário, a eficiência energética será comprometida.

Estudos complementares serão realizados para avaliar o custo/benefício e o tempo de retorno do investimento.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5382**: Verificação de Iluminância de interiores. Rio de Janeiro, 1985.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220**: Desempenho térmico de edificações - Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Rio de Janeiro, 2005.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR15215-4**: Iluminação natural - Parte 4: Verificação experimental das condições de iluminação interna de edificações. Rio de Janeiro, 2005b.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO/CIE 8995-1**: Iluminação de Ambientes de Trabalho. Rio de Janeiro, 2013.
- ASSIS, E. S. **Sistemas Tecnológicos em Conforto Ambiental**. Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Arquitetura - Labcon, Belo Horizonte, (s.d.).
- BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO). **Portaria 163 de 08 de junho de 2009**. Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C), 2009. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/rtac/pdf/RTAC001462.pdf>>, Acesso em: mar. de 2014.
- BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO). **Portaria nº 372 de 17 de setembro de 2010**, 2010. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/legislacao/rtac/pdf/RTAC001599.pdf>>, Acesso em: mar. de 2014.
- BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO). **Portaria n.º 17 de 16 de janeiro de 2012**. Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C), 2012. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/legislacao/rtac/pdf/RTAC001787.pdf>>, Acesso em: jun. de 2014.
- BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO). **Portaria n.º 299, de 19 de junho de 2013**. Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C), 2013b. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/legislacao/rtac/pdf/RTAC001982.pdf>>. Acesso em: mar. de 2014.
- BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2013**. Empresa de Pesquisa Energética. Brasília, 2013a.
- BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Projeção da demanda de energia elétrica para os próximos 10 anos (2015-2024)**. Empresa de Pesquisa Energética. Brasília, 2015.
- BRENDOLAN, R., AMORIM, C. N. D., TEIXEIRA, N. D. P., Projeto de iluminação artificial e eficiência energética: Entraves e potencialidades para aplicação do RTQ-C. In: VIII Encontro Latino-Americano e XII Encontro Nacional Sobre Conforto no Ambiente Construído, Brasília, 2013, **Anais...** Brasília, ENCAC-ELAC 2013. CD-ROM.
- CENTRO BRASILEIRO DE INFORMAÇÃO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA. **PROCEL EDIFICA - Eficiência Energética nas Edificações**. 2014. Disponível em: <<http://www.procelinfo.com.br/data/Pages/LUMIS623FE2A5ITEMIDC46E0FFDBD124A0197D2587926254722LUMISADMINIPTBRIE.htm>>. Acesso em: mar. de 2014.
- DIAL. **DIAL light building software**. DIALUX, 2014.
- ELETOBRÁS/PROCEL EDIFICA. **Iluminação Natural e Artificial**. Rio de Janeiro, 2011.
- LUMICENTER. **Lumicenter Lighting**, 2014. Disponível em: <<http://www.lumicenteriluminacao.com.br/pt/catalogo.html>>. Acesso em: abr. de 2014, d2014.
- MOREIRA, V. d. **ILUMINAÇÃO & FOTOMETRIA - teoria e aplicação** (3ª ed.). São Paulo: Edgard Blücher Ltda, 1987.
- OSRAM. **Osram**. Acesso em 18 de abr. de 2014, disponível em [http://www.osram.com.br/osram\\_br/](http://www.osram.com.br/osram_br/), 2014.
- SANTOS, et. alli.. **Eficiência energética: Teoria & Prática** (1ª ed.). Eletrobrás / PROCEL Educação / Universidade Federal de Itajubá / FUPAI, Itajubá, 2007.
- SOUZA, R. V. TAU 515 - **Iluminação Natural**. Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Arquitetura - Labcon, Belo Horizonte, 2014.
- SOUZA, R. V., VELOSO, A. C., LEITE, P. R., & SOARES, C. P. **EXPERIÊNCIA DE APLICAÇÃO DO RTQ-C NO LABCON** - UFMG. Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. Canela, 2010.
- SYLVANIA. **Soluções em iluminação**. 2010. Disponível em <<http://www.sylvania.com.br>>, 2010. Acesso em: abr. de 2014.