

Ustane Moreira Puttini Barbosa

DIAGNÓSTICO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DO SISTEMA DE ILUMINAÇÃO
ARTIFICIAL EM UMA ESCOLA DE IDIOMAS

Belo Horizonte
Escola de Arquitetura da UFMG
2015

Ustane Moreira Puttini Barbosa

DIAGNÓSTICO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DO SISTEMA DE ILUMINAÇÃO
ARTIFICIAL EM ESCOLA DE IDIOMAS

Monografia apresentada ao curso de Especialização em Sistemas Tecnológicos e Sustentabilidade Aplicada ao Ambiente Construído da Escola de Arquitetura da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial para a obtenção do título de Especialista em Sistemas Tecnológicos e Sustentabilidade Aplicados ao Ambiente Construído.

Orientadora

Roberta Vieira Gonçalves de Souza

Belo Horizonte
Escola de Arquitetura da UFMG
2015

Monografia defendida junto ao Programa de Pós-graduação Latu Sensu - Especialização em Sistemas Tecnológicos e Sustentabilidade Aplicados ao Ambiente Construído da Escola de Arquitetura da Universidade Federal de Minas Gerais em 11 de Setembro de 2015, pela banca examinadora constituída pelos seguintes professores:

Prof^a.: Roberta Vieira Gonçalves de Souza - Orientadora - EA/UFMG

Prof^a.: Grace Cristina Roel Gutierrez - Avaliadora - EA/UFMG

RESUMO

No contexto atual, a redução no consumo de energia elétrica é bem-vinda, não somente do ponto de vista financeiro, mas também, como uma forma de evitar o desperdício de energia. O desconhecimento e/ou a utilização inadequada dos recursos existentes e dos padrões técnicos mais modernos para uma melhor distribuição de iluminação são observados com certa frequência. Assim sendo, o trabalho que segue tem como objetivo diagnosticar o sistema de iluminação de uma escola de idiomas localizada em Belo Horizonte/MG, a fim de verificar o desempenho deste sistema em termos de eficiência energética. Para atingir esse objetivo foi realizada uma avaliação baseada no método prescritivo do RTQ-C – Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos – que apresenta procedimentos gerais e específicos para avaliar a eficiência energética nas edificações. Foram avaliados os pré-requisitos como o controle do sistema de iluminação que levam em conta a existência de divisão de circuitos, a contribuição da iluminação natural e o desligamento automático do sistema de iluminação para que fosse possível alcançar um nível mais elevado de classificação. Como resultado final observou-se que a substituição de lâmpadas de maior potência por outras de menor, além de consumir menos energia e possuir tempo de vida útil maior do que as de maior potência, contribuíram para melhorar a eficiência da iluminação. No entanto, observou-se ainda que a simples substituição de lâmpadas pode não garantir que as iluminâncias mínimas de acordo com a NBR ISO/CIE 8995-1 (ABNT 2013) sejam atendidas. Desse modo, para efetiva melhoria do desempenho do sistema de iluminação considerou-se levar em conta a contribuição da luz natural, o uso de equipamentos e controles apropriados para o acionamento manual das lâmpadas, assim como, a substituição do conjunto lâmpadas e luminárias existentes por um mais eficiente, de tal modo, que as lâmpadas e reatores fossem compatíveis de forma a evitar problemas relacionados a erros de instalações de iluminação, queima, mau funcionamento ou curtos-circuitos

Palavras-chaves: RTQ-C, sistema de iluminação, requisitos de qualidade.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	7
2 OBJETIVO	8
2.1 Objetivo Geral	8
2.2 Objetivo Específico	8
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	9
3.1 Avaliação do Sistema de Iluminação pelo RTQ-C	10
3.2 Pré-Requisitos Específicos	11
3.2.1 Divisão de Circuitos de Iluminação	11
3.2.2 Contribuição da iluminação natural	12
3.2.3 Desligamento automático do sistema de iluminação	12
3.3 Método de Cálculo para Classificação do Sistema Parcial de Iluminação	13
3.3.1 Método da área do edifício	13
3.3.2 Método das atividades do edifício	14
3.3.3 Classificação do Sistema de Iluminação	16
4 METODOLOGIA	17
4.1 Seleção do Estudo de Caso - Descrição da Edificação	19
4.3 – Avaliação do sistema de iluminação	22
5 RESULTADOS	23
5.1 Cálculo da Potência Instalada - DPI	23
5.2 Recomendações de alteração do Sistema de Iluminação Atual	26
5.3 Sistema de Iluminação atual substituído por lâmpadas mais eficientes.	26
6 ESTUDO LUMINOTÉCNICO	28
6.1 Especificação das Lâmpadas	28
6.2 Especificação das Luminárias	28
6.3 Especificação da Iluminância	29
6.4 Cálculo Luminotécnico	30
6.5 Análise sobre a Avaliação do Novo Sistema de Iluminação	32
7 CONCLUSÃO FINAL	37
8 REFERÊNCIAS	38
ANEXO A	40
ANEXO B	41
ANEXO C	42

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Limite máximo aceitável de densidade de potência de iluminação(DPL ¹) para o nível de eficiência pretendido – Método das áreas do edifício.	14
Figura 2 - Limite máximo aceitável de densidade de potência de iluminação(DPL ¹) para o nível de eficiência pretendido – Método das atividades do edifício.	16
Figura 3 – Tabela Ajustada para este Estudo. Limite máximo aceitável de densidade de potência de iluminação (DPIL) para o nível de eficiência pretendido – Método das atividades do edifício.	18
Figura 4 – Planta dos Pavimentos I e II	20
Figura 5 – Sala de aula	21
Figura 6 - Sala de Aula.....	21
Figura 7 - Sala de Aula.....	21
Figura 8 - Sala de Aula – prédio anexo.....	21
Figura 9– Biblioteca prédio anexo	21
Figura 10 – Biblioteca – prédio anexo. Detalhe sala de áudio	21
Figura 11 – Sala de aula	22
Figura 12 – Sala de aula	22

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Quadro síntese dos pré-requisitos do controle do sistema de iluminação.....	11
Tabela 2 - (EqNum) Equivalência numérica para cada nível de eficiência.....	16
Tabela 3 - Classificação Geral	16
Tabela 4 - Quadro de Percentual de Área ocupada pelas atividades desenvolvidas	19
Tabela 5 – Tabela comparativa das Potências Instaladas.....	24
Tabela 6- Especificação da Iluminância por atividade.....	29
Tabela 7: Relatório do Quantitativo de Luminárias para o período Noturno.....	30
Tabela 8 - Comparativo Potência Instalada Atual e a Potência Instalada Limite para sala de aula que funcionam também no período noturno	32
Tabela 9 - Comparativo Potência Instalada Atual e a Potência Instalada Limite para salas de aula que funcionam apenas no período diurno	34
Tabela 10 - Relatório do Quantitativo de Luminárias para o período Diurno.....	35

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, é comum observar, nos diversos estabelecimentos comerciais, um desperdício de energia proveniente do desconhecimento e da utilização inadequados dos recursos existentes e dos padrões técnicos adequados para uma melhor distribuição de iluminação. Considerando que a eficiência energética tem se despontado como uma das principais medidas em direção à sustentabilidade no ambiente construído, e que o menor consumo de energia elétrica tem sido um dos grandes desafios a ser alcançado, e que desde 2009 foi criado um instrumento para auxiliar na avaliação energética das edificações, um estabelecimento comercial foi selecionado para ter o seu sistema de iluminação avaliado em termos de eficiência energética.

O RTQ-C¹ – Requisito Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos – é o instrumento que apresenta procedimentos gerais e específicos para avaliar a eficiência energética nas edificações. Conforme consta no Manual 4.1 de Aplicação do RTQ-C² é “[...] possível também obter a classificação de apenas um sistema, deixando os demais em aberto. Neste caso, no entanto, não é fornecida uma classificação geral da edificação, mas apenas do(s) sistema(s) analisado(s)”. Desse modo, pretende-se apenas classificar o nível de eficiência energética do sistema de iluminação existente do edifício analisado para que seja possível encontrar soluções que possam contribuir para a redução do consumo de energia.

A avaliação proposta se justifica na medida em que, no contexto atual, toda e qualquer colaboração no sentido de reduzir o consumo de energia elétrica é bem-vinda, não somente do ponto de vista financeiro, mas também, como uma forma de evitar o desperdício.

¹RTQ-C 2.1 – Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas, baseada na Portaria n.º 372, de 17 de setembro de 2010 com alterações das portarias: n.º17 de 2012 e n.º299 de 2013.

²Manual para aplicação do RTQ-C. Manual RTQ-C com base na Portaria n.º372/3013, versão 02 (2013), vol. 4.1.

2 OBJETIVO

2.1 Objetivo Geral

Avaliar a eficiência energética e propor melhorias para o sistema de iluminação de uma escola de idiomas do município de Belo Horizonte, em Minas Gerais, a partir dos critérios propostos pelo RTQ-C³ que apresenta procedimentos gerais e específicos para avaliar a eficiência energética nas edificações.

2.2 Objetivo Específico

Aplicar o método prescritivo do RTQ-C para classificação do sistema de iluminação a partir de um estudo de caso;

Classificar a eficiência energética do sistema de iluminação da edificação em estudo como uma forma de orientar a escola quanto ao nível em que se encontra;

Propor recomendações que possam contribuir para maximizar a eficiência do sistema de iluminação a partir dos resultados observados e classificação obtida.

³RTQ-C 2.1 – Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas, baseada na Portaria n.º 372, de 17 de setembro de 2010 com alterações das portarias: n.º17 de 2012 e n.º299 de 2013.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Quando se trata de eficiência energética em iluminação há um consenso de que um bom projeto arquitetônico luminotécnico, bem como, o uso de equipamentos de qualidade deve ser empregado de modo a proporcionar conforto visual e melhorias na qualidade do ambiente. Lamberts et al (2014) afirmam que, em edifícios existentes, um projeto de reforma no sistema de iluminação e de controle pode chegar a representar uma economia de até 40% no consumo de eletricidade para iluminação simplesmente empregando-se lâmpadas e reatores mais eficientes. E que “[...] a instalação de sistemas e dispositivos de controle de luz em um edifício existente pode ser feita com pouca ou até nenhuma troca de fios” (LAMBERTS et al, 2014). Ou seja, o custo operacional chega a ser pequeno embora seja um item importante a ser considerado na instalação destes sistemas.

A eficiência dos sistemas de iluminação está associada diretamente à eficiência e ao rendimento dos diversos elementos que compõem um determinado ambiente como: as lâmpadas, luminárias, reatores, circuitos de distribuição e controle, utilização de luz natural, cores das superfícies internas e do mobiliário. É comum observar, com certa frequência, ocorrências como: “iluminação em excesso; falta de aproveitamento da iluminação natural; uso de equipamentos com baixa eficiência luminosa; falta de comandos (interruptores) das luminárias; ausência de manutenção; depreciação do sistema e hábitos de uso inadequados” (RODRIGUES, 2002). Em instalações antigas pode ainda haver deficiência nas iluminâncias devido a entrada em vigor de uma nova norma de iluminâncias internas a NBR ISO/CIE 8995-1 (ABNT 2013).

De um modo geral, quando se trata da iluminação artificial, esta deve ser usada com parcimônia e critério, pois o seu emprego tem como função suprir a ausência da luz natural, já que, de acordo com Gonçalves et al (2011), na maioria das vezes “[...] um edifício é incapaz de responder aos problemas da iluminação somente através da luz natural. Para todo projeto existe a condição natural de utilização do edifício de dia e a noite [...]”. O uso da iluminação artificial, portanto, implicaria em levar em consideração determinados requisitos para se conseguir um aproveitamento mais consciente e eficiente do ponto de vista energético, preferencialmente, contando com a contribuição fundamental da iluminação natural.

Em uma edificação, a iluminação artificial deve ser dimensionada corretamente para que níveis adequados de iluminação nos ambientes internos permitam aos usuários desempenhar suas tarefas com conforto e sem risco à sua saúde. Níveis mínimos de iluminância para as diferentes atividades são definidos pela NBR ISO/CIE 8995-1 (ABNT, 2013), que trata da iluminação de ambientes de trabalho no interior das edificações. Entende-se que um sistema de iluminação eficiente deve fornecer os níveis adequados de iluminância para cada tarefa com o mínimo de consumo possível de energia, sem, contudo, causar desconforto ou fadiga visual. Não se trata aqui de reduzir o consumo de energia com o comprometimento da instalação de iluminação, mas sim, de que se leve em conta a utilização da luz natural, o uso de equipamentos e controles apropriados para o acionamento automático ou manual das lâmpadas.

Para o cálculo da eficiência energética da iluminação, o profissional deve levar em consideração o atendimento aos requisitos contidos no RTQ-C, que leva em conta o cálculo da densidade de potência instalada (DPI) do sistema de iluminação. Conforme consta no RTQ-C *“Quanto menor a potência utilizada, menor é a energia consumida e mais eficiente é o sistema, desde que garantidas as condições adequadas de iluminação. A obtenção de um sistema eficiente de iluminação “fornece os níveis adequados de iluminâncias para cada tarefa consumindo o mínimo de energia, e também gerando a menor carga térmica possível”*. A iluminação interna de cada um dos ambientes da edificação é calculada de acordo com as diferentes atividades exercidas pelos usuários de cada ambiente, e deve, obrigatoriamente, atender aos pré-requisitos característicos do sistema avaliado.

3.1 Avaliação do Sistema de Iluminação pelo RTQ-C⁴

O trabalho que segue procurou levar em conta os procedimentos propostos pelo RTQ-C (BRASIL, 2010) e portarias complementares a este (BRASIL, 2012; BRASIL, 2013 A) para a avaliação do sistema de iluminação. O RTQ-C fornece uma classificação da edificação para o desempenho energético em três sistemas: a envoltória, a iluminação e o condicionamento de ar. Conforme o PBE – Programa Brasileiro de Etiquetagem – a edificação poderia receber uma

⁴ RTQ-C 2.1 – Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas, baseada na Portaria n.º 372, de 17 de setembro de 2010 com alterações das portarias: n.º17 de 2012 e n.º299 de 2013.

ENCE – Etiqueta Nacional de Conservação de Energia – geral, se somente se os três sistemas fossem avaliados, ou uma ENCE parcial, se a envoltória fosse avaliada separadamente ou combinada com um dos outros dois sistemas. Como nesse trabalho foi avaliado apenas o sistema de iluminação existente, este recebeu apenas uma classificação do nível de eficiência energética para que fosse possível encontrar soluções que pudessem contribuir para a redução do consumo de energia na edificação em estudo.

3.2 Pré-Requisitos Específicos

Os pré-requisitos específicos pressupõem o atendimento a critérios de controle do sistema de iluminação que levam em conta a existência de divisão de circuitos, a contribuição da iluminação natural e o desligamento automático do sistema de iluminação para que seja possível alcançar um nível mais elevado de classificação. O atendimento aos três itens o classificam no nível A, aos dois primeiros no nível B e apenas ao primeiro no nível C, conforme tabela 1 que segue.

Tabela 1 - Quadro síntese dos pré-requisitos do controle do sistema de iluminação

Pré-Requisito	Nível A	Nível B	Nível C
Divisão de circuitos	Sim	Sim	Sim
Contribuição da Luz Natural	Sim	Sim	
Desligamento automático do sistema de iluminação	Sim		

3.2.1 Divisão de Circuitos de Iluminação

Em relação à divisão dos circuitos, serão observados se em cada ambiente fechado por paredes ou divisórias até o teto há a presença de pelo menos um “[...] dispositivo de controle manual para o acionamento independente da iluminação interna do ambiente. Cada controle manual deve ser facilmente acessível e localizado de tal forma que seja possível ver todo o sistema de iluminação que está sendo controlado. [...]” (Portaria 372 de 17 de setembro de 2010).

O RTQ-C prevê que ambientes com área superior a 250m² tenham, no mínimo, um controle para cada 250m² no ambiente.

“Para o caso de ambientes com área inferior a 250 m², é permitido um controle para todo o ambiente. No caso de ambientes com grandes áreas, acima de 250 m², o RTQ-

C determina a divisão do sistema em parcelas menores, de no máximo 250 m², cada uma com um controle independente, a fim de setorizar o sistema de acionamento quando houver poucos usuários no local, evitando grandes áreas iluminadas sem ocupação”. (Manual para aplicação do RTQ-C, vol.4.1, 2013. p.38)

3.2.2 Contribuição da iluminação natural

“[...] 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 às abertura(s) devem possuir 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”. (Portaria 372 de 17 de setembro de 2010)

Para reduzir a necessidade de uso da iluminação artificial quando há luz natural suficiente para prover a iluminância adequada no plano de trabalho, o RTQ-C determina que as luminárias próximas às janelas devem possuir um dispositivo de desligamento independente do restante do sistema. *“[...] as luminárias não precisam estar alinhadas entre si, mas sim que o circuito seja alinhado às janelas. Desta forma, o posicionamento das luminárias é também um item importante a ser considerado no projeto luminotécnico”⁵. (Manual para aplicação do RTQ-C, vol.4.1, 2013, p. 122)*

3.2.3 Desligamento automático do sistema de iluminação

O sistema de iluminação interna de ambientes maiores que 250 m² deverá possuir um dispositivo de controle automático para desligamento da iluminação. Este dispositivo de controle automático deve funcionar de acordo com uma das seguintes opções:

- um sistema automático com desligamento da iluminação em um horário pré-determinado. Deverá existir uma programação independente para um limite de área de até 2500 m²; ou*
- um sensor de presença que desligue a iluminação 30 minutos após a saída de todos ocupantes; ou*
- um sinal de um outro controle ou sistema de alarme que indique que a área está desocupada.*

Exceções

- ambientes que devem propositadamente funcionar durante 24 h;*
- ambientes onde existe tratamento ou repouso de pacientes;*
- ambientes onde o desligamento automático da iluminação pode comprovadamente oferecer riscos à integridade física dos usuários. (Manual para aplicação do RTQ-C, vol.4.1, 2013, p. 123)*

O cumprimento desse pré-requisito não exclui a necessidade de existir um controle manual no ambiente, já que a ideia é possibilitar ao ocupante desse espaço flexibilidade de uso. *“Caso o*

⁵Manual para aplicação do RTQ-C. Manual RTQ-C com base na Portaria nº372/3013, versão 02 (2013), vol. 4.1. Brasília, DF, 2013.

ambiente possua área inferior a 250 m² e não possua sistema com desligamento automático, considera-se que o pré-requisito foi atendido”. (Manual para aplicação do RTQ-C, vol.4.1, 2013, p. 123)

Esta medida, controle independente de acionamento do sistema de iluminação, visa permitir que os usuários possam controlar o uso da iluminação de acordo com a necessidade. Já o desligamento automático, visa melhorar o uso do sistema de iluminação na ausência de usuários.

3.3 Método de Cálculo para Classificação do Sistema Parcial de Iluminação

A avaliação do sistema de iluminação deve ser realizada através dos seguintes métodos: o método da área do edifício, ou o método das atividades do edifício.

3.3.1 Método da área do edifício

“O método da área do edifício avalia de forma conjunta todos os ambientes do edifício e atribui um único valor limite para a avaliação do sistema de iluminação. Este método deve ser utilizado para edifícios com até três atividades principais, ou para atividades que ocupem mais de 30% da área do edifício”. (Portaria 372 de 17 de setembro de 2010)

Abaixo segue figura 02 que faz referência à Tabela 4.1 extraída do RTQ-C, Portaria 372 de 17 de setembro de 2010, com alterações das portarias: nº 17 de 2012 e nº 299 de 2013.

Tabela 4.1: Limite máximo aceitável de densidade de potência de iluminação (DPI_L) para o nível de eficiência pretendido – Método da área do edifício

Função do Edifício	Densidade de Potência de Iluminação limite W/m ² (Nível A)	Densidade de Potência de Iluminação limite W/m ² (Nível B)	Densidade de Potência de Iluminação limite W/m ² (Nível C)	Densidade de Potência de Iluminação limite W/m ² (Nível D)
Academia	9,5	10,9	12,4	13,8
Armazém	7,1	8,2	9,2	10,3
Biblioteca	12,7	14,6	16,5	18,4
Bombeiros	7,6	8,7	9,9	11,0
Centro de Convenções	11,6	13,3	15,1	16,8
Cinema	8,9	10,2	11,6	12,9
Comércio	15,1	17,4	19,6	21,9
Correios	9,4	10,8	12,2	13,6
Venda e Locação de Veículos	8,8	10,1	11,4	12,8
Escola/Universidade	10,7	12,3	13,9	15,5
Escritório	9,7	11,2	12,6	14,1
Estádio de esportes	8,4	9,7	10,9	12,2
Garagem – Ed. Garagem	2,7	3,1	3,5	3,9
Ginásio	10,8	12,4	14,0	15,7
Hospedagem, Dormitório	6,6	7,6	8,6	9,6
Hospital	13,0	15,0	16,9	18,9
Hotel	10,8	12,4	14,0	15,7
Igreja/Templo	11,3	13,0	14,7	16,4
Restaurante	9,6	11,0	12,5	13,9
Restaurante: Bar/Lazer	10,7	12,3	13,9	15,5
Restaurante: Fast-food	9,7	11,2	12,6	14,1
Museu	11,4	13,1	14,8	16,5
Oficina	12,9	14,8	16,8	18,7
Penitenciária	10,4	12,0	13,5	15,1
Posto de Saúde/Clinica	9,4	10,8	12,2	13,6
Posto Policial	10,3	11,8	13,4	14,9
Prefeitura – Inst. Gov.	9,9	11,4	12,9	14,4
Teatro	15,0	17,3	19,5	21,8
Transportes	8,3	9,5	10,8	12,0
Tribunal	11,3	13,0	14,7	16,4

Figura 1 - Limite máximo aceitável de densidade de potência de iluminação(DPL_L) para o nível de eficiência pretendido – Método das áreas do edifício.

3.3.2 Método das atividades do edifício

“O método das atividades da edificação avalia através de limites de densidade de potência em iluminação para cada ambiente considerando as atividades desempenhadas no edifício. Os ambientes são avaliados separadamente tanto para obter o nível de eficiência energética quanto para analisar o atendimento dos pré-requisitos”. (Manual para aplicação do RTQ-C, vol.4.1, 2013, p. 123)

Abaixo segue a figura 02 que faz referência à tabela 4.2 extraída do RTQ-C, Portaria 372 de 17 de setembro de 2010, com alterações das portarias: nº 17 de 2012 e nº 299 de 2013.

Tabela 4.2: Limite máximo aceitável de densidade de potência de iluminação (DPI_L) para o nível de eficiência pretendido – Método das atividades do edifício

Ambientes/Atividades	Limite do Ambiente		DPI _L Nível A (W/m ²)	DPI _L Nível B (W/m ²)	DPI _L Nível C (W/m ²)	DPI _L Nível D (W/m ²)
	K	RCR				
Armazém, Atacado						
Material pequeno/leve	0,80	6	10,20	12,24	14,28	16,32
Material médio/volumoso	1,20	4	5,00	6,00	7,0	8,00
Atrio - por metro de altura						
até 12,20 m de altura	-		0,30 ¹	0,36 ¹	0,42 ¹	0,48 ¹
acima de 12,20 m de altura	-		0,20 ¹	0,24 ¹	0,28 ¹	0,32 ¹
Auditórios e Anfiteatros						
Auditório	0,80	6	8,50	10,20	11,90	13,60
Centro de Convenções	1,20	4	8,80	10,56	12,32	14,08
Cinema	1,20	4	5,00	6,00	7,00	8,00
Teatro	0,60	8	26,20	31,44	36,68	41,92
Banco/Escritório - Área de atividades bancárias	0,80	6	14,90	17,88	20,86	23,84
Banheiros	0,60	8	5,00	6,00	7,00	8,00
Biblioteca						
Área de arquivamento	1,20	4	7,80	9,36	10,92	12,48
Área de leitura	1,20	4	10,00	12,00	14,00	16,00
Área de estantes	1,20	4	18,40	22,08	25,76	29,44
Casa de Máquinas	0,80	6	6,00	7,20	8,40	9,60
Centro de Convenções - Espaço de exposições	1,20	6	15,60	18,72	21,84	24,96
Circulação	<2,4m largura		7,10	8,52	9,94	11,36
Comércio						
Área de vendas	0,80	6	18,10	21,72	25,34	28,96
Pátio de área comercial	1,20	4	11,80	14,16	16,52	18,88
Provador	0,60	8	10,20	12,24	14,28	16,32
Cozinhas	0,80	6	10,70	12,84	14,98	17,12
Depósitos	0,80	6	5,00	6,00	7,0	8,00
Dormitórios – Alojamentos	0,60	8	4,10	4,92	5,74	6,56
Escadas	0,60	10	7,40	8,88	10,36	11,84
Escritório	0,60	8	11,90	14,28	16,66	19,04
Escritório – Planta livre	1,20	4	10,50	12,60	14,70	16,80
Garagem	1,20	4	2,00	2,40	2,80	3,20

Tabela 4.2: Limite máximo aceitável de densidade de potência de iluminação (DPI_L) para o nível de eficiência pretendido – Método das atividades do edifício

Ambientes/Atividades	Limite do Ambiente		DPI _L Nível A (W/m ²)	DPI _L Nível B (W/m ²)	DPI _L Nível C (W/m ²)	DPI _L Nível D (W/m ²)
	K	RCR				
Oficina – Seminário, cursos	0,80	6	17,10	20,52	23,94	27,36
Oficina Mecânica	1,20	4	6,00	7,20	8,40	9,60
Quartos de Hotel	0,80	6	7,50	9,00	10,50	13,00
Refeitório	0,80	6	11,50	13,80	16,10	18,40
Restaurante- salão	1,20	4	9,60	11,52	13,44	15,36
Hotel	1,20	4	8,80	10,56	12,32	14,08
Lanchonete/Café	1,20	4	7,00	8,40	9,80	11,20
Bar/Lazer	1,20	4	14,10	16,92	19,74	22,56
Sala de Aula, Treinamento	1,20	4	10,20	12,24	14,28	16,32
Sala de espera, convivência	1,20	4	6,00	7,20	8,40	9,60
Sala de Reuniões, Conferência, Multiuso	0,80	6	11,90	14,28	16,66	19,04
Vestiário	0,80	6	8,1	9,72	11,34	12,96
Transportes						
Área de bagagem	1,20	4	7,50	9,00	10,50	12,00
Aeroporto – Pátio	1,20	4	3,90	4,68	5,46	6,24
Assentos - Espera	1,20	4	5,80	6,96	8,12	9,28
Terminal - bilheteria	1,20	4	11,60	13,92	16,24	18,56

Figura 2 - Limite máximo aceitável de densidade de potência de iluminação(DPL¹) para o nível de eficiência pretendido – Método das atividades do edifício.

3.3.3 Classificação do Sistema de Iluminação

A classificação final leva em conta a pontuação apresentada na ENCE – Etiqueta Nacional de Conservação de Energia conforme observa-se na tabela 1. E o resultado da equação é um número de pontos que irá definir a classificação geral da edificação, de acordo com a Tabela 2.

Tabela 2 - (EqNum) Equivalência numérica para cada nível de eficiência

A	B	C	D	E
5	4	3	2	1

Tabela 3 - Classificação Geral

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

Tal como os níveis de eficiência que variam de A (mais eficiente) a E (menos eficiente), os equivalentes numéricos associam o maior valor ao melhor nível de eficiência.

Há que se ressaltar que a classificação apresentada poderá ser comprometida quando do não cumprimento dos pré-requisitos gerais que no caso em estudo está relacionado aos circuitos elétricos. A classificação final e as classificações parciais serão apresentadas na ENCE.

4 METODOLOGIA

O método das atividades foi selecionado para avaliar o sistema de iluminação porque consiste em avaliar separadamente cada ambiente do edifício para que no final sejam somadas as suas densidades de potência instalada - DPI.

Assim sendo, todas as atividades existentes na edificação foram levadas em consideração, independentemente de serem elas mais ou menos eficientes do ponto de vista energético. Os ambientes foram avaliados separadamente, tanto para obter o nível de eficiência energética, quanto para analisar o atendimento aos pré-requisitos.

A Figura 3 contém o Limite máximo aceitável de densidade de potência de iluminação – DPIL – para o nível de eficiência pretendido – Método das atividades do edifício – discriminada no RTQ-C, Portaria 372 de 17 de setembro de 2010, com alterações das portarias: nº 17 de 2012 e nº 299 de 2013 e ajustada para conter os dados dos espaços utilizados no estudo de caso analisado.

Ambientes/ Atividades	Limite do Ambiente		DPI _L Nível A (W/m ²)	DPI _L Nível B (W/m ²)	DPI _L Nível C (W/m ²)	DPI _L Nível D (W/m ²)
	K	R CR				
Armazém, Atacado						
Material pequeno/leve	0,80	6	10,20	12,24	14,28	16,32
Material médio/volumoso	1,20	4	5,00	6,00	7,0	8,00
Banheiros	0,60	8	5,00	6,00	7,00	8,00
Biblioteca						
Área de arquivamento	1,20	4	7,80	9,36	10,92	12,48
Área de leitura	1,20	4	10,00	12,00	14,00	16,00
Área de estantes	1,20	4	18,40	22,08	25,76	29,44
Casa de Máquinas	0,80	6	6,00	7,20	8,40	9,60
Centro de Convenções - Espaço de exposições	1,20	6	15,60	18,72	21,84	24,96
Circulação	≤2,4m largura		7,10	8,52	9,94	11,36
Comércio						
Área de vendas	0,80	6	18,10	21,72	25,34	28,96
Pátio de área comercial	1,20	4	11,80	14,16	16,52	18,88
Provador	0,60	8	10,20	12,24	14,28	16,32
Cozinhas	0,80	6	10,70	12,84	14,98	17,12
Depósitos	0,80	6	5,00	6,00	7,0	8,00
Dormitórios – Alojamentos	0,60	8	4,10	4,92	5,74	6,56
Escadas	0,60	10	7,40	8,88	10,36	11,84
Escritório	0,60	8	11,90	14,28	16,66	19,04
Escritório – Planta livre	1,20	4	10,50	12,60	14,70	16,80
Garagem	1,20	4	2,00	2,40	2,80	3,20
Refeitório	0,80	6	11,50	13,80	16,10	18,40
Restaurante- salão	1,20	4	9,60	11,52	13,44	15,36
Hotel	1,20	4	8,80	10,56	12,32	14,08
Lanchonete/Café	1,20	4	7,00	8,40	9,80	11,20
Bar/Lazer	1,20	4	14,10	16,92	19,74	22,56
Sala de Aula, Treinamento	1,20	4	10,20	12,24	14,28	16,32
Sala de espera, convivência	1,20	4	6,00	7,20	8,40	9,60
Sala de Reuniões, Conferência, Multiuso	0,80	6	11,90	14,28	16,66	19,04

Figura 3 – Tabela Ajustada para este Estudo. Limite máximo aceitável de densidade de potência de iluminação (DPI_L) para o nível de eficiência pretendido – Método das atividades do edifício.

4.1 Seleção do Estudo de Caso - Descrição da Edificação

O edifício avaliado é uma escola de idiomas localizada no Bairro Santo Agostinho e que tem como atividade principal salas de aula que ocupam 44% da área total da edificação, conforme pode ser observado na Tabela 4, além do percentual de área ocupada pelas demais atividades desenvolvidas na escola analisada⁶.

Tabela 4 - Quadro de Percentual de Área ocupada pelas atividades desenvolvidas

Ambientes	%	m ²
Salas de aula	43,8	146,42
Biblioteca	15,0	50,94
Gerência	2,4	8,17
Hall escada	11,1	36,96
Recepção	9,7	32,49
Circulação	2,4	7,9
Depósito	0,9	3,06
Banheiros	7,3	24,38
Cozinha	4,0	13,31
Copa	3,4	11,21
Total	100,0	332,56

Na figura 4 observa-se que sete das dez salas de aula se distribuem pela edificação principal, composta por dois pavimentos e, as três outras, pelo anexo construído ao fundo do terreno. Fazem parte deste anexo três dessas salas – salas 08, 09, 10 – e a biblioteca com a sala de áudio e as 03 instalações sanitárias. Ao todo são 10 salas de aula cujas áreas úteis variam de 11 a 18m² – Quadro 1 – com área total útil de 332,56m². O número de alunos varia de 10 a 12 e são distribuídos conforme a dimensão das salas.

Considerando que a partir da publicação da Portaria n.º 299, de 19 de junho de 2013, que permitiu etiquetar edificações com área inferior a 500m², a edificação selecionada mostrou-se apta a submeter o seu sistema de iluminação a uma análise.

As luminárias atuais, instaladas em toda a edificação, fazem uso de lâmpadas de 40W, com fluxo luminoso 2.700 lm e os reatores são de modelos convencionais.

⁶A partir da publicação da Portaria n.º 299, de 19 de junho de 2013, a redação do RTQ-C relativo ao procedimento de determinação da eficiência deixou de exigir área mínima nas edificações para que pudesse ser aplicado

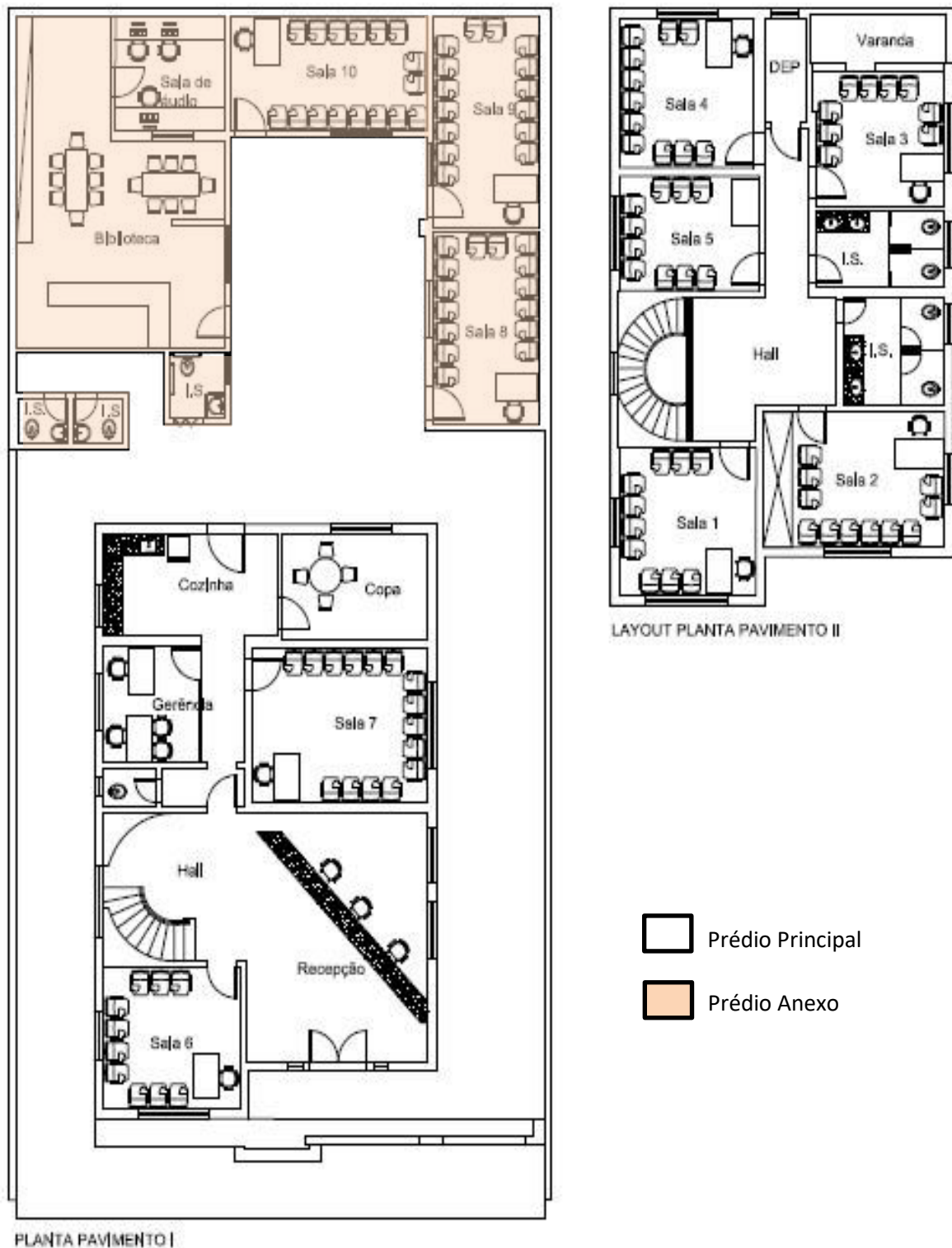


Figura 4 – Planta dos Pavimentos I e II

Fonte: Arquivo cedido

Conforme pode-se observar nas figuras, nas salas localizadas na edificação principal – FIG. 1. – a disposição das luminárias cria um desenho no teto, em forma de quadrado – FIG. 4. Pode-se observar ainda que a luminária mais próxima à tela de projeção de imagens gera reflexos na

tela, que é branca e reflexiva. Como consequência, as luminárias mais próximas à tela – FIG. 5,6,7 e 12 – permanecem sem a lâmpada ou são desativadas. Conforme relatado pela diretoria, a configuração das luminárias no teto, assim como a distribuição das carteiras em “U” – margeando as paredes – levam em conta a didática de ensino da escola que procura fazer com que todos os alunos possam se ver enquanto participam das aulas. Já nas salas 08, 09 e 10 da FIG 4 –, as luminárias são dispostas em fileira – vide FIG. 8. Na biblioteca – FIG. 4 e 9 – há uma salinha de áudio – FIG. 4 e 10 –, com entrada pela lateral e uma janela que se comunica com o interior da biblioteca.



Figura 5 – Sala de aula
Fonte: Arquivo Pessoal



Figura 6 - Sala de Aula
Detalhe para a disposição das luminárias
Fonte: Arquivo Pessoal



Figura 7 - Sala de Aula
Detalhe para a luminária desativa em frente à tela
Fonte: Arquivo Pessoal



Figura 8 - Sala de Aula – prédio anexo
Detalhe para disposição das luminárias
Fonte: Arquivo Pessoal



Figura 9– Biblioteca prédio anexo
Detalhe para a sala de áudio ao fundo
Fonte: Arquivo Pessoal

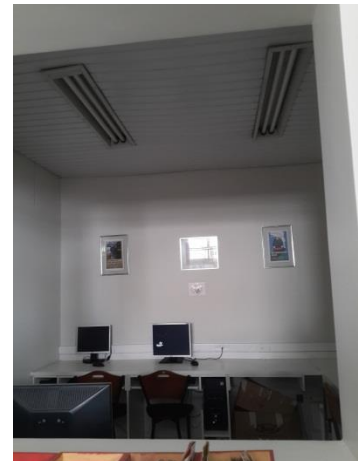


Figura 10 – Biblioteca – prédio anexo. Detalhe sala de áudio
Fonte: Arquivo Pessoal

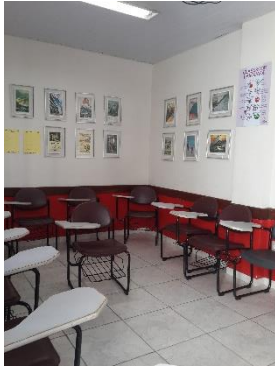


Figura 11 – Sala de aula
Detalhe para a disposição das carteiras em sala da edificação anexa



Figura 12 – Sala de aula
Detalhe para a disposição das carteiras em sala da edificação anexa

As luminárias atuais, instaladas em toda a edificação, fazem uso de lâmpadas de 40W e os reatores são de modelos convencionais.

4.3 – Avaliação do sistema de iluminação

A melhoria da eficiência energética das lâmpadas foi avaliada a partir da substituição do conjunto de lâmpadas e luminárias atuais por outro de maior eficiência e compatíveis com as devidas potências e tensões. O objetivo era o de verificar, através de simulação, a melhoria da eficiência da iluminação seguida de um menor consumo de energia.

O sistema de iluminação da edificação analisada foi avaliado também a partir de um projeto luminotécnico, onde as iluminâncias recomendadas para cada área de tarefa levam em consideração o conjunto lâmpadas e luminárias para garantir a realização das atividades previstas para o ambiente. A iluminação deve satisfazer os aspectos quantitativos e qualitativos exigidos pelo ambiente a fim de que sejam assegurados o conforto visual e a sensação de bem-estar do usuário. Para que isso fosse possível foi necessário considerar um sistema de iluminação, equipamentos, controles apropriados e a utilização da luz natural disponível.

5 RESULTADOS

5.1 Cálculo da Potência Instalada - DPI

Para o procedimento de cálculo, considerou-se o limite máximo aceitável de densidade de potência de iluminação – DPIL – para o nível de eficiência da escola analisada, conforme método das atividades da edificação, que está discriminado na Tabela 5, assim como, a potência atualmente instalada, a potência obtida a partir da simples substituição das lâmpadas atuais por outras mais eficientes, e a potência obtida quando se consideram as recomendações da NBR ISO/CIE 8995-1 (ABNT 2013) tanto no período noturno (500lux) quanto no diurno (300 lux).

Ao se comparar a Potência atual instalada com o que é esperado a partir do limite máximo aceitável de densidade de potência de iluminação – DPIL – para o nível de eficiência da escola analisada, na primeira parte da tabela 5, tem-se:

$$(\text{Nível C}) 4851 < \mathbf{5136} < 5488 (\text{Nível D})$$

Ou seja, com a atual potência instalada, o nível de eficiência da escola equivale ao nível D, cujo equivalente numérico – EqNum – é igual a 2.

Com relação ao atendimento aos pré-requisitos específicos apresentados tem-se:

- I. Divisão de Circuitos Independentes – **Atende** a todos os ambientes
- II. Contribuição da luz natural – **Não atende a nenhum dos ambientes analisados**, pois as luminárias localizadas próximas à janela não têm um interruptor para desligá-las de modo independente
- III. Desligamento Automático dos Ambientes – **não se aplica**. Este requisito deve ser considerado para ambientes com área superior a 250m². Os ambientes analisados têm área inferior a 250m² e por isso dispensam o desligamento automático.

Tabela 5 – Tabela comparativa das Potências Instaladas

ESCOLA DE IDIOMAS		LIMITE MÁXIMO DE POTÊNCIA DE ILUMINAÇÃO				A	B	C	D	E	F
						Sistema de Iluminação Lâmpadas 40W e 20w		Sistema de Iluminação Lâmpadas 28W e 14W Substituição Simples		Estudo Luminotécnico	
ATIVIDADES DO EDIFÍCIO		DPI Nível A	DPI Nível B	DPI Nível C	DPI Nível D	PI Atual	E (lux)	PI	E (lux)	E 300lux	E 500lux
		(Wm ²)	(Wm ²)	(Wm ²)	(Wm ²)					PI Diurno	PI Noturno
POTÊNCIA LIMITE SALA DE AULA		10,70	12,30	13,90	15,50						
AMBIENTES	ÁREA (m ²)	DENSIDADE POTÊNCIA INSTALADA LIMITE									
SALA 1	14,48	185,90	213,70	201,24	269,29	192	298	120,96	320	120,96	241,92
SALA 2	17,72	227,52	261,55	246,31	329,59	192	244	120,96	262	181,44	362,88
SALA 3	12,44	159,73	183,61	172,92	231,38	192	347	120,96	373	120,96	241,92
SALA 4	14,53	186,57	214,46	201,97	270,26	192	297	120,96	319	120,96	241,92
SALA 5	11,60	148,94	171,22	161,24	215,76	192	372	120,96	400	120,96	241,92
SALA 6	14,51	186,31	214,17	201,69	269,89	288	447	181,44	480	120,96	241,92
SALA 7	14,01	179,89	206,79	194,74	260,59	240	308	151,2	331	181,44	362,88
SALA 8	14,58	187,21	215,20	202,66	271,19	288	444	181,44	477	120,96	241,92
SALA 9	16,15	207,37	238,37	224,49	300,39	288	401	181,44	431	181,44	241,92
SALA 10	16,37	210,19	241,62	227,54	304,48	288	396	181,44	425	181,44	362,88
Total Salas	146,39	1566,35	1800,57	2034,79	2269,01	2352		1481,76		1451,52	2782,08
POTÊNCIA LIMITE BIBLIOTECA											
Leitura		18,40	22,08	25,76	29,44						
	32,74	602,42	722,90	843,38	963,87	576	465	120,96	499	362,88	362,88
Estante		10,00	12,00	14,00	16,00						
	9,3	93,00	111,60	130,20	148,80	192	396	362,88	425	60,48	60,48
Áudio		11,90	14,28	16,66	19,04						
	8,9	105,91	127,09	148,27	169,46	192	485	120,96	521	120,96	120,96
Total Biblioteca	50,94	801,33	961,59	1121,86	1282,12	960				544,32	544,32
Gerência		11,90	14,28	16,66	19,04						
	8,17	97,22	116,67	136,11	155,56	144	397	90,72	426	241,92	241,92
Hall Escada		7,40	8,88	10,36	11,84						
Andar 1	15,99	118,33	141,99	165,66	189,32	96	135	60,48	145	60,48	60,48
Andar 2	20,97	155,18	186,21	217,25	248,28	192	206	120,96	221	60,48	60,48
Total Hall	36,96	273,50	328,20	382,91	437,61	288				120,96	120,96
Circulação		7,90	8,52	9,94	11,36						
Andar 1	4,9	38,71	41,75	48,71	55,66	48	473	30,24	473	30,24	30,24
Andar 2	3	23,70	25,56	29,82	34,08	48	773	30,24	773	30,24	30,24
Total	7,9	62,41	67,31	78,53	89,74	96		60,44		60,48	60,48

Recepção		11,90	14,28	16,66	19,04						
	32,49	386,63	463,96	541,28	618,61	336	199	211,68	214	241,92	241,92
Depósito		5,00	6,00	7,00	8,00						
	3,06	15,30	18,36	21,42	24,48	96	706	60,48	758	30,24	30,24
Banheiro		5,00	6,00	7,00	8,00						
Banheiro 1	1,5	7,50	9,00	10,50	12,00	144	1440	90,72	1547	30,24	30,24
Banheiro 2	1,6	8,00	9,60	11,20	12,80	96	1350	60,48	1450	30,24	30,24
Banheiro 3	1,6	8,00	9,60	11,20	12,80	96	1350	60,48	1450	30,24	30,24
Banheiro 4	2,6	13,00	15,60	18,20	20,80	96	831	60,48	892	30,24	30,24
Banheiro 5	7,8	39,00	46,80	54,60	62,40	96	277	60,48	297	60,48	60,48
Banheiro 6	7	35,00	42,00	49,00	56,00	96	309	60,48	331	60,48	60,48
Total Banheiro	22,1	110,5	132,6	154,7	176,8	624		393,12		241,92	241,92
Cozinha		10,70	12,84	14,98	17,12						
	13,31	142,42	170,90	199,38	227,87	144	243	90,72	261	241,92	241,92
Copa		11,50	13,80	16,10	18,40						
	11,21	128,92	154,70	180,48	206,26	144	193	60,48	207	60,48	60,48
TOTAL	332,53	3584,58	4214,86	4851,46	5488,06	5136		3235		3235	4566

Fonte: Elaborado pela autora, 2015

Considerando que todos os ambientes apresentam *Divisão de Circuitos*, pois cada ambiente analisado apresenta um controle manual independente a fim de que o usuário tenha como controlar o uso daquele espaço, a *Contribuição da Luz Natural* é prejudicada pois as luminárias próximas às janelas não possuem um dispositivo de desligamento independente do restante do sistema. Em apenas cinco ambientes, o pré-requisito *Contribuição da Luz Natural* não se aplicou: a gerência, a copa, a cozinha e o hall dos andares 1 e 2, pois possuem apenas uma luminária. Quanto ao pré-requisito relacionado ao desligamento automático, este não se aplica aos ambientes analisados uma vez que possuem área inferior a 250m².

Portanto, no que se refere à potência instalada:

Nível A - ambientes como a biblioteca (área de leitura), hall da escada do primeiro andar e a recepção obtiveram um nível A de eficiência;

Nível B - somente sala 2

Nível C - salas 1 e 4, a circulação do primeiro andar, a cozinha e a copa.

Nível E - Os demais ambientes.

5.2 Recomendações de alteração do Sistema de Iluminação Atual

O não atendimento do pré-requisito *Contribuição da luz natural* em todos os ambientes que apresentam mais de uma luminária ocorre por dois motivos. As salas de aula 01,02,03,04,05 – vide figura 4 – por exemplo, apresentam as luminárias distribuídas em círculo no centro da sala, e são ligadas a partir de um único interruptor. Uma mudança no posicionamento das luminárias e o acréscimo de mais um interruptor, mudará os resultados e permitirá que as luminárias próximas às janelas sejam desligadas de forma independente. É importante que o circuito seja alinhado à janela conforme o posicionamento das luminárias, para que o acendimento das lâmpadas próximas às janelas sejam as últimas a serem ligadas. Como ganho adicional, a mudança de posicionamento das luminárias minimizaria o reflexo sobre o quadro branco. Outra possibilidade seria usar luminárias com aletas para controle do ofuscamento.

A fim de que seja possível melhorar a eficiência do sistema de iluminação atualmente instalado, possibilitando dessa forma, alcançar um nível mais elevado na classificação, além do atendimento aos pré-requisitos específicos para o sistema de iluminação, faz-se necessário também a substituição do conjunto lâmpadas e luminárias atuais por outro mais eficiente e de menor potência. Já existem no mercado lâmpadas de menor potência e mais eficientes que as atuais – lâmpadas para Retrofit – e que dispensam a aquisição de novas luminárias e que contribuiriam para a redução do consumo de energia. Mas, por outro lado, a simples substituição das lâmpadas não significa necessariamente que o sistema de iluminação se torne mais eficiente. Espera-se que isso seja feito mantendo-se os níveis adequados de iluminação no espaço ocupado com o mínimo de desconforto.

5.3 Sistema de Iluminação atual substituído por lâmpadas mais eficientes.

A tabela 5 – coluna “C” – mostra como a substituição do conjunto de lâmpadas atuais poderia contribuir para a redução no consumo de energia, a partir da simples substituição do conjunto atual de luminárias e lâmpadas de 40W e 20W, por um conjunto de 28W e 14W respectivamente. Observe, na coluna “C”, que o valor obtido reduziu de 5.136W para 3.592W compatível com uma classificação A. Ressalta-se que tal redução não levou em consideração os níveis de iluminância recomendados pela NBR ISO/CIE 8995-1 (ABNT 2013), mas tão somente a substituição das lâmpadas.

Para o cálculo da potência instalada, relativo à simples substituição das lâmpadas, considerou-se que a dissipação dos reatores usados para as lâmpadas de 40 e 20W seria de 20% e para as lâmpadas de 28 e 14W seria de 8%.

Em função do resultado apresentado, a sugestão que se faz é a de que se considere um estudo luminotécnico da edificação para que os níveis de iluminâncias adequados para cada tarefa sejam contemplados. As colunas B e D da tabela 5 mostram que, no que se refere somente as salas de aula, as salas 01, 02 e 04 apresentaram iluminância inferior à 300lux no sistema de 40W. E no sistema de 28W, apenas a sala 2. É importante ressaltar que para a NBR ISO/CIE 8995-1 (ABNT 2013), é recomendável que a iluminância em uma sala de aula, que funcione somente durante o dia, seja de pelo menos 300lux e à noite de 500lux. Como se trata de uma edificação mais antiga, provavelmente, considerou o uso da NBR 5413 de 1992 que não fazia distinção entre os turnos de aula. Se se considerar o turno da noite, com a norma atual, nenhuma das salas de aula alcançaram a iluminância de 500lux que é indicada para o período da noite.

Embora a tabela 5 mostre que a redução no consumo de energia foi sensível, é conveniente que a instalação do sistema de iluminação atenda à demanda de iluminância de um ambiente específico, de uma tarefa ou de uma atividade sem desperdício de energia, e também, sem o comprometimento dos aspectos visuais de uma instalação de iluminação.

A sugestão que se faz é a de que as lâmpadas de 40W sejam substituídas pela de 28W, e as de 20W pela de 14W, mas considerando um estudo luminotécnico da edificação para que os níveis de iluminâncias adequados para cada tarefa sejam contemplados.

A opção por lâmpadas de 28W baseou-se em um estudo comparativo realizado Gugel & Westphal (2006) onde concluíram que “[...] Quanto à potência instalada, por unidade de área, requerida para cada sistema para o fornecimento de uma iluminância de 100lux, o sistema com lâmpadas de 28W se mostrou mais eficiente [...]” e que as lâmpadas de 40W foram aquelas que se mostraram menos eficiente. Quanto à escolha das luminárias, os autores citados concluíram que o “[...] uso de luminárias com refletor de alumínio polido e de reatores eletrônicos também influenciam na potência instalada, mostrando-se como alternativas mais eficientes em relação às luminárias sem refletores [...]”.

6 ESTUDO LUMINOTÉCNICO

O estudo luminotécnico para a edificação analisada levou em consideração a NBR ISO/CIE 8995-1 (ABNT 2013) a fim de satisfazer tanto aos aspectos quantitativos quanto aos qualitativos, exigidos pelo ambiente, a fim de que fosse assegurado o conforto visual e a sensação de bem-estar do usuário.

Optou-se por utilizar o programa SOFTLUX para agilizar os cálculos de cada ambiente.

6.1 Especificação das Lâmpadas

Optou-se por utilizar luminárias para lâmpadas tubulares T5, 16mm de diâmetro, com fluxo luminoso de 2900Lm e temperatura de cor 4000K, e índice de reprodução de cor maior que 80 – vide anexo⁷ A.

Lâmpadas: tubulares T5, 16mm de diâmetro, fluxo luminoso de 2900Lm, temperatura de cor 4000K, IRC > 80

6.2 Especificação das Luminárias

As luminárias – vide anexo B e C – utilizadas no estudo são:

Luminárias: 2xT16 28W, Rendimento: 71%,

Especificação: Luminária de sobrepor para 2 lâmpadas fluorescentes tubulares de 28W. Corpo em chapa de aço tratada com acabamento em pintura eletrostática epóxi-pó na cor branca. Refletor e aletas parabólicas em alumínio anodizado de alto brilho. Equipada com porta-lâmpada antivibratório em policarbonato, com trava de segurança e proteção contra aquecimento nos contatos.

Aplicação geral: Locais de trabalho com uso freqüente de computadores como sala de controle ou monitoramento, CPD, escritório, telemarketing, área de atendimento, etc.

Rendimento: 71%

Dimensões: A= 60 x L= 223 x C= 1240 mm.

⁷ Características disponíveis para as marcas OSRAM e GE pesquisadas.

O fator de utilização, curva de distribuição luminosa e diagrama de luminância estão discriminados no Anexo B.

Luminárias: 2xT16 14W, Rendimento: 72%

Especificação: Luminária de sobrepor para 2 lâmpadas fluorescentes tubulares de 14W. Corpo e aletas planas sem chapa de aço tratada com acabamento em pintura eletrostática epóxi-pó na cor branca. Refletor em alumínio anodizado de alto brilho. Equipada com porta-lâmpada antivibratório em policarbonato, com trava de segurança e proteção contra aquecimento nos contatos.

Aplicação geral: Ambientes onde há o exercício de tarefas mistas com uso de computadores, exigindo controle de ofuscamento e alto rendimento como escritório, loja, biblioteca, escola, banco, hospital, etc.

Rendimento: 72%

Dimensões: A= 60 x L= 223 x C= 610 mm.

6.3 Especificação da Iluminância

As atividades desenvolvidas em cada um dos ambientes requerem iluminâncias adequadas para proporcionar a segurança visual ao trabalho e atender às necessidades do desempenho visual. A tabela 6 relaciona a iluminância (lux) esperada por tarefa em cada ambiente e os demais dados considerados para o cálculo luminotécnico.

Tabela 6- Especificação da Iluminância por atividade

AMBIENTES	Em (lux)
Salas de aula diurna	300
Sala de aula noturna	500
Biblioteca estantes	200
Biblioteca leitura	500
Biblioteca áudio	500
Gerência/Escritório	500
Hall Escada 1	100
Hall Escada 2	100
Recepção	300
Circulação	100
Repósito	150
Banheiros	200
Cozinha	500
Copa	200

Dados considerados para o cálculo luminotécnico

Cores e refletância: Média

Teto: 70

Parede: 50

Piso: 1

Condições do ambiente: Limpo

Fator de perdas luminosas: 0,8

Fluxo luminoso: 2900 lm

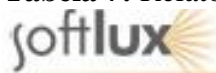
Fator de reator: 1,00

Fonte: Elaborada pela autora

6.4 Cálculo Luminotécnico

Utilizou-se o programa Softlux para prever a quantidade necessária de conjunto de lâmpadas e luminárias que atenderiam a iluminância desejada para as tarefas ali desenvolvidas. Ao todo foram 81 luminárias, sendo 70 de 28W e 11 de 14W que resultaram em uma potência final equivalente 4.566W.

Tabela 7: Relatório do Quantitativo de Luminárias para o período Noturno



CÁLCULO LUMINOTÉCNICO

DADOS DO CLIENTE

Empresa:	Escola de Idiomas
Obra:	Bairro Santo Agostinho
Dados adicionais:	
Autor:	Ustane
Data:	26/08/2017
Revisão:	

RESUMO

Ambiente	Luminária	Código	Qtde	$E_{m\text{cz}}(\text{lx})$	$E_{m\text{éd}}(\text{lx})$	$E_{m\text{áx}}(\text{lx})$	$E_{m\text{ín}}(\text{lx})$
Sala 1	3006 2xT16 28W	3006.228.300	4	591	491	708	243
Sala 2	3006 2xT16 28W	3006.228.300	6	652	614	882	297
Sala 03	3005 2xT16 28W	3005.228.300	4	559	514	772	270
Sala 04	3006 2xT16 28W	3006.228.300	4	499	473	675	235
Sala 05	3006 2xT16 28W	3006.228.300	4	577	529	749	283
Sala 06	3006 2xT16 28W	3006.228.300	4	504	482	689	241
Sala 07	3006 2xT16 28W	3006.228.300	6	602	580	846	281
Sala 08	3006 2xT16 28W	3006.228.300	4	486	459	624	231
Sala 09	3006 2xT16 28W	3006.228.300	4	450	468	624	213
Sala 10	3006 2xT16 28W	3006.228.300	6	666	628	872	323
Recepção	3006 2xT16 28W	3006.228.300	4	259	269	358	88
Gerencia	3006 2xT16 28W	3006.228.300	4	727	639	847	372
Biblioteca Leitura	3006 2xT16 28W	3006.228.300	6	408	410	547	161
Hall Escada	3006 2xT16 28W	3006.228.300	1	116	145	285	37
Circulação	3006 2xT16 14W	3006.214.300	1	271	220	303	121
Cozinha	3006 2xT16 28W	3006.228.300	4	519	534	1019	142
Banho 1	3005 2xT16 14W	3005.214.300	1	179	96	109	82
Lavabo	3005 2xT16 14W	3005.214.300	1	141	88	109	63
Banheiro 2	3005 2xT16 14W	3005.214.300	1	181	98	109	85
Banheiro 3	3005 2xT16 14W	3005.214.300	1	181	98	109	85
Banheiro 4	3005 2xT16 14W	3005.214.300	1	140	98	117	81
Banheiro 5	3005 2xT16 14W	3005.214.300	2	172	170	205	113
Banheiro 6	3005 2xT16 14W	3005.214.300	2	179	154	185	101
Circulação 2	3006 2xT16 14W	3006.214.300	1	126	96	126	57
Hall Escada 2	3006 2xT16 28W	3006.228.300	1	116	145	285	37
Depósito	3006 2xT16 14W	3006.214.300	1	113	82	110	31
Copa	3006 2xT16 28W	3006.228.300	1	168	166	286	50
Biblioteca estantes	3006 2xT16 28W	3006.228.300	1	294	333	1337	20
Biblioteca áudio	3006 2xT16 28W	3006.228.300	2	405	345	451	178

Portanto, a Potência do novo sistema de iluminação é:

$$28 \times 2 \times 1,08 = 60,48 \times 70 \text{ lâmpadas} = 4.233,60\text{W}$$

$$14 \times 2 \times 1,08 = 30,24 \times 11 \text{ lâmpadas} = 332,64\text{W}$$

$$\text{DPI} = 4.566,24\text{W}$$

Ao fazer o uso do programa observou-se que algumas salas chegaram a ficar com 700 lux quando o nível mínimo era de 500 e os banheiros ficaram quase com o dobro do nível de iluminação requerido, o que levou a crer que seria necessário usar outros tipos de luminária para melhoria da eficiência nestes ambientes.

Observou-se que o consumo reduziu de 5.136W – Tabela 5, coluna A – para 4.566W – coluna F – classificando a nova potência instalada com o nível C. No entanto, para manter o nível C é necessário que os ambientes atendam aos pré-requisitos *Divisão de Circuito* e de *Contribuição da Luz Natural*.

Como os ambientes descritos acima não atendem a esses pré-requisitos, estes ambientes recebem uma nova classificação: nível D, cujo equivalente numérico é igual a 1,9.

Observe também a tabela 8 que compara, avalia e pontua o nível de eficiência alcançado pela nova potência instalada na escola e faz a ponderação dos resultados alcançados a partir da comparação e análise dos pré-requisitos específicos para o sistema de iluminação.

A classificação final é obtida a partir da ponderação entre a potência instalada e o nível de eficiência de cada um dos ambientes.

O resultado final classifica o novo sistema no nível D cujo equivalente numérico é igual a 1,9.

Tabela 8 - Comparativo Potência Instalada Atual e a Potência Instalada Limite para sala de aula que funcionam também no período noturno

COMPARATIVO POTÊNCIA INSTALADA ATUAL E A POTÊNCIA INSTALADA LIMITE									
Atividades Ambientais	DPI ATUAL	Nível DPI	Divisão Circuito	Nível Contribuição Luz Natural	Nível Desligamento automático	Classificação	EqNum	Média Ponderada Eq Num	Pontuação Final Eq Num ponderado
SALA 1	241,92	E	C	C	não se aplica	E	3	725,76	
SALA 2	362,88	E	C	C	não se aplica	E	3	1088,64	
SALA 3	241,92	E	C	C	não se aplica	E	2	483,84	
SALA 4	241,92	E	C	C	não se aplica	E	3	725,76	
SALA 5	241,92	E	C	C	não se aplica	E	1	241,92	
SALA 6	241,92	E	C	C	não se aplica	E	1	241,92	
SALA 7	362,88	E	C	C	não se aplica	E	1	362,88	
SALA 8	241,92	E	C	C	não se aplica	E	1	241,92	
SALA 9	241,92	E	C	C	não se aplica	E	1	241,92	
SALA 10	362,88	E	C	C	não se aplica	E	1	362,88	
Total Salas	2782,08	E							
BiblioLeitura	362,88	A	C	C	não se aplica	C	3	1088,64	
BiblioEstante	60,48	A	C	C	não se aplica	C	3	181,44	
BiblioÁudio	120,96	B	C	C	não se aplica	C	3	362,88	
Total Biblio	544,32	B							
Gerência	241,92	E	C	não se aplica	não se aplica	E	1	241,92	
Hall andar 1	60,48	A	C	não se aplica	não se aplica	C	3	181,44	
Hall andar 2	60,48	A	C	não se aplica	não se aplica	C	3	181,44	
Total Hall	120,96	A							
Circ. andar 1	30,24	A	C	C	não se aplica	C	3	90,72	
Circ. andar 2	30,24	D	C	C	não se aplica	D	2	60,48	
Total circ.	60,48	A							
Recepção	241,92	A	C	C	não se aplica	C	3	725,76	
Depósito	30,24	E	C	C	não se aplica	E	1	30,24	
Banheiro 1	30,24	E	C	C	não se aplica	E	1	30,24	
Banheiro 2	30,24	E	C	C	não se aplica	E	1	30,24	
Banheiro 3	30,24	E	C	C	não se aplica	E	1	30,24	
Banheiro 4	30,24	E	C	C	não se aplica	E	1	30,24	
Banheiro 5	60,48	D	C	C	não se aplica	D	2	120,96	
Banheiro 6	60,48	E	C	C	não se aplica	E	1	60,48	
Total Banho	241,92	E							
Cozinha	241,92	E	C	não se aplica	não se aplica	E	1	241,92	
Copa	60,48	A	C	não se aplica	não se aplica	C	3	181,44	
	4566,24	C						8588,16	1,9 D

6.5 Análise sobre a Avaliação do Novo Sistema de Iluminação

Para melhorar a classificação do novo sistema de iluminação é importante que os ambientes contem com a contribuição da luz natural e para isso é necessário que as luminárias localizadas próximas à janela tenham um interruptor para desligá-las de modo independente.

A diminuição no nível de eficiência médio do valor encontrado na tabela 5 coluna F, quando comparada com o valor obtido a partir da simples substituição do conjunto lâmpada/luminárias, observado na tabela 5 coluna C, se deve ao fato de que para o cálculo luminotécnico realizado, considerou-se a especificação das iluminâncias adequadas para cada atividade desenvolvida – vide figura 3 – como uma forma de garantir o conforto visual e a sensação de bem-estar do usuário quando do desenvolvimento das tarefas realizadas em cada um dos ambientes.

No que se refere especificamente às salas de aula, por funcionarem no turno da noite, a iluminância adotada foi de 500lux. Caso contrário, a NBR ISO/CIE 8995-1 (ABNT 2013) prevê a especificação da iluminância para a sala de aula, no período diurno, como sendo de 300lux. E se assim fosse, o consumo seria mais reduzido, conquistando o nível A para a potência instalada. Observe a tabela 5, coluna E.

A potência instalada, quando se especifica 300lux de iluminância para as salas de aula é reduzida de 5.136W – Tabela 5, coluna A – para 3.235W - Tabela 5, coluna E - elevando a classificação para a potência instalada para o nível A. A classificação final também é melhorada com a utilização de uma iluminância de 500lux, mas apenas para o nível C, considerando que os pré-requisitos mencionados anteriormente seriam atendidos, uma vez que estes são chave importante para a obtenção de uma boa classificação.

Mesmo quando se considera no novo quantitativo para o cálculo luminotécnico o uso de **300lux** para as salas de aula, os pré-requisitos limitariam a classificação final, como pode ser visto a seguir.

Ao todo seriam 59 luminárias, sendo 48 Luminárias de 28W e 11 Luminárias de 14W que resultaram em uma potência final equivalente a 3.235W.

Potência do sistema de iluminação para salas de aula funcionando no período diurno:

$$28 \times 2 \times 1,08 = 60,48 \times 48 \text{ lâmpadas} = 2.903 \text{ W}$$

$$14 \times 2 \times 1,08 = 30,24 \times 11 \text{ lâmpadas} = 332 \text{ W}$$

$$\text{Potência Instalada} = 3.236 \text{ W}$$

Ao se comparar a Potência Instalada tem-se:

Tabela 10 - Relatório do Quantitativo de Luminárias para o período Diurno



CÁLCULO LUMINOTÉCNICO

DADOS DO CLIENTE

Empresa:	Escola de Idiomas
Obra:	Beirro Santo Agostinho
Dados adicionais:	
Autor:	Ustane
Data:	26/08/2017
Revisão:	

RESUMO

Ambiente	Luminária	Código	Qtde	$E_{mz}(lx)$	$E_{méd}(lx)$	$E_{máx}(lx)$	$E_{mín}(lx)$
Sala 1	3006 2xT16 28W	3006.228.300	2	296	284	422	88
Sala 2	3006 2xT16 28W	3006.228.300	3	326	350	500	131
Sala 03	3005 2xT16 28W	3005.228.300	2	280	302	390	143
Sala 04	3006 2xT16 28W	3006.228.300	2	249	271	392	93
Sala 05	3006 2xT16 28W	3006.228.300	2	289	293	466	132
Sala 06	3006 2xT16 28W	3006.228.300	2	252	277	397	96
Sala 07	3006 2xT16 28W	3006.228.300	3	301	332	508	99
Sala 08	3006 2xT16 28W	3006.228.300	2	243	253	382	106
Sala 09	3006 2xT16 28W	3006.228.300	3	338	353	471	155
Sala 10	3006 2xT16 28W	3006.228.300	3	333	351	470	153
Recepção	3006 2xT16 28W	3006.228.300	4	259	269	358	88
Gerencia	3006 2xT16 28W	3006.228.300	4	727	639	847	372
Biblioteca Leitura	3006 2xT16 28W	3006.228.300	6	408	410	547	161
Hall Escada	3006 2xT16 28W	3006.228.300	1	116	145	285	37
Circulação	3006 2xT16 14W	3006.214.300	1	271	220	303	121
Cozinha	3006 2xT16 28W	3006.228.300	4	519	534	1019	142
Banho 1	3005 2xT16 14W	3005.214.300	1	179	96	109	82
Lavabo	3005 2xT16 14W	3005.214.300	1	141	88	109	63
Banheiro 2	3005 2xT16 14W	3005.214.300	1	181	98	109	85
Banheiro 3	3005 2xT16 14W	3005.214.300	1	181	98	109	85
Banheiro 4	3005 2xT16 14W	3005.214.300	1	140	98	117	81
Banheiro 5	3005 2xT16 14W	3005.214.300	2	172	170	205	113
Banheiro 6	3005 2xT16 14W	3005.214.300	2	179	154	185	101
Circulação 2	3006 2xT16 14W	3006.214.300	1	126	96	126	57
Hall Escada 2	3006 2xT16 28W	3006.228.300	1	116	145	285	37
Depósito	3006 2xT16 14W	3006.214.300	1	113	82	110	31
Copa	3006 2xT16 28W	3006.228.300	1	168	166	286	50
Biblioteca estantes	3006 2xT16 28W	3006.228.300	1	294	333	1337	20
Biblioteca áudio	3006 2xT16 28W	3006.228.300	2	405	345	451	178

Potência do sistema de iluminação para salas de aula funcionando no período diurno:

$$28 \times 2 \times 1,08 = 60,48 \times 48 \text{ lâmpadas} = 2.903,04 \text{ W}$$

$$14 \times 2 \times 1,08 = 30,24 \times 11 \text{ lâmpadas} = 332,64 \text{ W}$$

$$\text{DPI} = 3.235,68 \text{ W}$$

Ao se comparar a Potência Instalada com a DPIL – tabela 5 – tem-se:

$$3235 < 3584 \text{ (Nível A)}$$

Observe que o consumo reduziu de 5.136W – Tabela 9 – para 3235W, classificando a nova potência instalada com o nível A. No entanto, para manter o nível A é necessário que os ambientes atendam aos pré-requisitos *Divisão de Circuito e de Contribuição da Luz Natural*.

Como os ambientes descritos acima não atendem a esses pré-requisitos, estes ambientes recebem nova classificação.

O resultado final classifica o novo sistema no nível C cujo equivalente numérico é igual a 2,5.

7 CONCLUSÃO FINAL

Levando-se em consideração os dados observados, algumas mudanças podem ser sugeridas para melhorar a eficiência da iluminação, entre elas, a substituição de lâmpadas de maior potência por outras de menor, já que além de consumirem menos energia, costumam possuir tempo de vida útil maior do que as de maior potência.

Na edificação analisada, o predomínio de lâmpadas de 40W poderiam ser substituídas, por lâmpadas de maior eficiência, mas a iluminância requerida para cada ambiente poderia ficar sub ou superdimensionada. Para que seja garantida a iluminância adequada para cada uma das tarefas realizadas nos ambientes estudados, faz-se necessário realizar o cálculo luminotécnico.

Neste estudo, concluiu-se que o mais adequado é trabalhar com a iluminância de 500lux para as salas de aula no turno da noite conforme recomendado pela NBR ISO/CIE 8995-1 (ABNT 2013) – mesmo que isso implique em uma menor redução no consumo de energia. Em uma edificação, a iluminação artificial deve ser dimensionada corretamente para que níveis adequados de iluminação nos ambientes internos permitam aos usuários desempenhar suas tarefas com conforto e sem risco à sua saúde. Entende-se que um sistema de iluminação eficiente deve fornecer os níveis adequados de iluminância para cada tarefa com o mínimo de consumo possível de energia sem, contudo, causar desconforto ou fadiga visual. No próprio regulamento – RTQ-C – consta que *“quanto menor a potência utilizada, menor é a energia consumida e mais eficiente é o sistema, desde que garantidas as condições adequadas de iluminação”*.

De um modo geral, não se trata aqui de reduzir o consumo de energia com o comprometimento da instalação de iluminação, mas sim, de que se leve em conta a utilização da luz natural, o uso de equipamentos e controles apropriados para o acionamento manual das lâmpadas.

Cabe salientar que maiores níveis de eficiência podem ser alcançados não somente através de estratégias de projeto, mas também a partir da participação dos próprios usuários cujos hábitos diários são decisivos, já que podem reduzir de forma significativa o consumo de energia, ao observar pequenas dicas de economia e redução de desperdícios.

8 REFERÊNCIAS

ABNT, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR ISSO/CIE 8995-1 – Iluminação de ambientes de trabalho. Parte 1: Interior. Rio de Janeiro, 2013. 46 p.

BRASIL. Instituto Nacional de Eficiência Energética (INEE). **Decreto n. 4.059 de 19 de dezembro de 2001**. Disponível em: http://www.inee.org.br/downloads/edif/Provoc2_edif.pdf Acesso em: 15 ago. 2014.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO). **Portaria n° 17, de 16 de janeiro de 2012**. Disponível em: <http://www.inmetro.gov.br/legislacao/rtac/pdf/RTAC001787.pdf> Acesso em: 15 ago. 2014.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO). **Portaria n° 126, de 19 de março de 2014**. Disponível em: <http://www.inmetro.gov.br/legislacao/rtac/pdf/RTAC002100.pdf> Acesso em: 15 ago. 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**. Brasília, DF, 2013. Disponível em: <http://pbeedifica.com.br/sites/default/files/projetos/etiquetagem/comercial/downloads/RTAC001982-portariacomplementar299.pdf>. Acesso em: 15 ago. 2014

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO). **Portaria 372 de 17 de setembro de 2010**. Regulamento Técnico da Qualidade para Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C) revisão 01. Brasília, DF, 2013. Disponível em: http://pbeedifica.com.br/sites/default/files/projetos/etiquetagem/comercial/downloads/Port372-2010_RTQ_Def_Edificacoes-C_rev01.pdf. Acesso em: 15 ago. 2014.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO). **Manual para aplicação do RTQ-C**. Manual RTQ-C com base na Portaria n°372/3013, versão 02 (2013), vol. 4.1. Brasília, DF, 2013. Disponível em: http://pbeedifica.com.br/sites/default/files/projetos/etiquetagem/comercial/downloads/manual_v02_1.pdf. Acesso em: 15 ago. 2014.

CEPEL. **Manual para especificações técnicas de sistemas de ar condicionado e iluminação**. Eletrobrás/Procel, Rio de Janeiro, 2005. Disponível em: <http://www.procelinfo.com.br/> Acesso em: 07 jun. 2014

DOCUMENTO ELABORADO PELA ELETROBRAS/ PROCEL EDIFICA, INMETRO E CB3E/UFSC. **Introdução ao Programa Brasileiro de Etiquetagem de Edificações**. Rio de Janeiro, setembro de 2013. Disponível em: <http://www.procelinfo.com.br/services/DocumentManagement/FileDownload.EZTSvc.asp?DocumentID=%7BCF1A3743-CECB-48EF-B2CA-E2B4D4173337%7D&ServiceInstUID=%7B46764F02-4164-4748-9A41-C8E7309F80E1%7D> Acesso em: 24 jun. 2015

GONÇALVES, J.C.S., VIANNA, N.S. & MOURA, N.C.S.– EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES. **Iluminação Natural e Artificial**. Eletrobrás/Procel Edifica Rio de Janeiro, Agosto/2011 Disponível em: <http://www.procelinfo.com.br/> Acesso em: 07 jun. 2014

GUGEL, E. C. & WESTPHAL, F. S. **Estudo Comparativo entre Sistemas de Iluminação**. LABEEE/UFSC, Florianópolis/SC, 2006. Disponível em: <http://www.labeee.ufsc.br/node/159>. Acesso em: 23 jun. 2014

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; & PEREIRA, F.O.R.– EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES. **Eficiência Energética na Arquitetura. 3ª edição**. Eletrobrás/Procel Edifica Rio de Janeiro, 2014. Disponível em: <http://www.procelinfo.com.br/> Acesso em: 07 jun. 2014

RAMOS, G. & LAMBERTS, R. **Relatório técnico do método de avaliação do sistema de iluminação do RTQ-C**. LABEEE/UFSC, Florianópolis/SC. Disponível em: <http://www.labeee.ufsc.br/node/401>. Acesso em: 14 jun. 2014

RODRIGUES, P. **Manual de iluminação eficiente**. Eletrobras/Procel. Rio de Janeiro, 2002. Disponível em: <http://www.procelinfo.com.br/>Acesso em: 07 jun. 2014

SUDECAP. **Cartilha de Economia de Energia**. Disponível em: <http://portalpbh.pbh.gov.br/pbh/ecp/noticia.do?evento=portlet&pAc=not&idConteudo=137014&pIdPlc=&app=salanoticias>. Acesso em 16 ago. 2014

ANEXO A

Especificação das Lâmpadas

Lâmpadas tubulares fluorescentes OSRAM – T5

Visão geral SMARTLUX T5 HE:

Produto	Potência nominal	Índice de reprodução de cor Ra	Fluxo luminoso a 25 °C	Fluxo luminoso a 35 °C	Temperatura de cor
▶ HE SL 14 W/830	14.00 W	≥80	1200 lm	1350 lm	3000 K
▶ HE SL 14 W/840	14.00 W		1200 lm	1350 lm	4000 K
▶ HE SL 28 W/830	27.90 W	≥80	2600 lm	2900 lm	3000 K
▶ HE SL 28 W/840	27.90 W		2600 lm	2900 lm	4000 K
▶ HE SL 14 W/850	14.00 W			1250 lm	5000 K
▶ HE SL 28 W/850	28.00 W	≥80		2780 lm	5000 K

Lâmpadas tubulares fluorescentes GE – T5

SKU	Descrição do Produto	Potência [W]	Base	Fluxo Luminoso [lm]	Temperatura de Cor [K]	IRC	Vida Útil [h] Ciclo de 3h	Vida Útil [h] Ciclo de 12h	Diâmetro [mm]	Comprimento [mm]	Bulbo
T5 LONG LIFE - LÂMPADAS FLUORESCENTES LINEARES TRIFÓSFORO											
61988	F14T5/830/GE/SL	14	G5	1350	3000	85	30000	36000	15.8	549	T5
61989	F14T5/840/GE/SL	14	G5	1350	4000	85	30000	36000	15.8	549	T5
61993	F28T5/830/GE/SL	28	G5	2900	3000	85	30000	36000	15.8	1149	T5
61994	F28T5/840/GE/SL	28	G5	2900	4000	85	30000	36000	15.8	1149	T5
62078	F28T5/850/GE/SL	28	G5	2750	5000	85	30000	36000	15.8	1149	T5
61996	F54T5/830/GE/SL	54	G5	5000	3000	85	30000	36000	15.8	1149	T5
61997	F54T5/840/GE/SL	54	G5	5000	4000	85	30000	36000	15.8	1149	T5
62083	F54T5/850/GE/SL	54	G5	4800	5000	85	30000	36000	15.8	1149	T5
61998	F54T5/865/GE/SL	54	G5	4750	6500	85	30000	36000	15.8	1149	T5
62002	F80T5/840/GE/SL	80	G5	7000	4000	85	30000	36000	15.8	1449	T5

ANEXO B

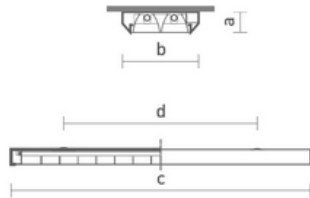
Luminárias Itaim para lâmpadas tubulares fluorescentes – T5

interno | **sobrepor**

3006

Especificação: Luminária de sobrepor. Corpo e aletas planas em chapa de aço tratada com acabamento em pintura eletrostática na cor branca. Refletor em alumínio anodizado de alto brilho (reflexão total de 86%). Equipada com porta-lâmpada antivibratório em policarbonato, com trava de segurança e proteção contra aquecimento nos contatos.

Aplicação: Ambientes onde há o exercício de tarefas mistas com uso de computadores, exigindo controle de ofuscamento e alto rendimento como escritório, loja, biblioteca, escola, banco, hospital, etc.



imagens



3006



código	lâmpadas	potência	a	b	c
3006.214.30B	2xT16	14W	60	243	610
3006.228.30B	2xT16	28/54W	60	243	1240

Devido à constante busca de aperfeiçoamento, os produtos ITAIM estão sujeitos a alterações sem prévia comunicação.

ANEXO C

Especificação Técnica Luminária para lâmpadas de 28W



ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA

3006 2XT16 28W



3006.228.300

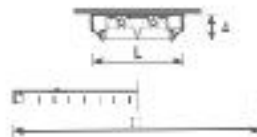
Especificação: Luminária de sobrepor para 2 lâmpadas fluorescentes tubulares de 28W. Corpo e aletas planas em chapa de aço tratada com acabamento em pintura eletrostática epóxi-pó na cor branca. Refletor em alumínio anodizado de alto brilho. Equipada com porta-lâmpada antivibratório em policarbonato, com trava de segurança e proteção contra aquecimento nos contatos.

Aplicação: Ambientes onde há o exercício de tarefas mistas com uso de computadores, exigindo controle de ofuscamento e alto rendimento como escritório, loja, biblioteca, escola, banco, hospital, etc.

Rendimento: 72%

Dimensões: A= 60 x L= 223 x C= 1240 mm.

DESENHO



FATOR DE UTILIZAÇÃO

TIPO DE	70	80	90	95	98	99			
BAIXO (h)	90	30	10	55	35	15	30	10	5
ALTO (h)	10			10			10		5
FAZOR DE UTILIZAÇÃO (U.F.O.)									
0,50	28	33	39	47	55	63	70	77	83
0,60	45	49	54	61	69	76	83	89	94
1,00	50	55	62	70	78	85	91	96	100
1,25	55	61	67	75	83	90	96	100	100
1,50	58	64	71	79	87	94	100	100	100
2,00	64	70	77	85	93	100	100	100	100
3,00	70	76	83	91	98	100	100	100	100
4,00	75	81	88	95	100	100	100	100	100
5,00	77	83	90	97	100	100	100	100	100

CURVA DE DISTRIBUIÇÃO LUMINOSA

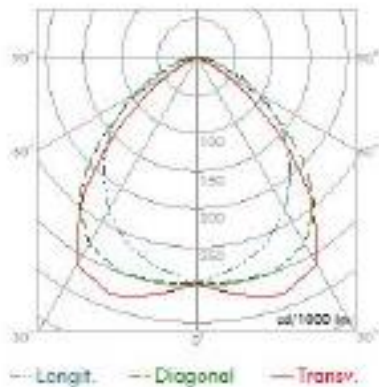
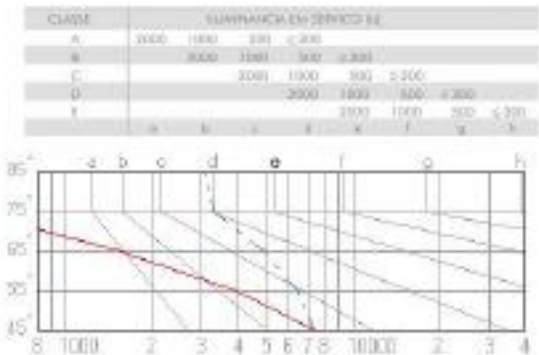


DIAGRAMA DE LUMINÂNCIA



Devido a natureza básica de planejamento, de produção, ITAIM, não se responsabiliza por alterações, sem prévia consulta, aos DT/21008

Miralux Ind. e Com. de Aparelhos Elétricos Ltda.
 f | 11 4785 1010
 f | 11 4785 1034
 Rod Régis Bittencourt, km 27b
 06815-300 Embu - SP
 www.itaim.ind.br



Especificação Técnica Luminária para lâmpadas de 14W



ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA

3006 2XT16 14W



3006.214.300

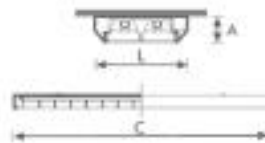
Especificação: Luminária de sobrepor para 2 lâmpadas fluorescentes tubulares de 14W. Corpo e aletas planas em chapa de aço tratada com acabamento em pintura eletrostática epóxi-pó na cor branca. Refletor em alumínio anodizado de alto brilho. Equipada com porta-lâmpada antivibratório em policarbonato, com trava de segurança e proteção contra aquecimento nos contatos.

Aplicação: Ambientes onde há o exercício de tarefas mistas com uso de computadores, exigindo controle de ofuscamento e alto rendimento como escritório, loja, biblioteca, escola, banco, hospital, etc.

Rendimento: 72%

Dimensões: A= 60 x L= 223 x C= 610 mm.

DESENHO



FATOR DE UTILIZAÇÃO

NETO (%)	70		80		90		95	
MARCA (%)	50	60	70	80	90	100	110	120
PRO (%)	10		10		10		10	
FACTOR DE UTILIZACAO (%)								
0,40	34	33	29	27	23	22	20	20
0,50	40	40	36	34	30	29	26	26
0,60	46	46	42	40	36	35	32	32
0,70	52	52	48	46	42	41	38	38
0,80	58	58	54	52	48	47	44	44
0,90	64	64	60	58	54	53	50	50
1,00	70	70	66	64	60	59	56	56
1,10	76	76	72	70	66	65	62	62

CURVA DE DISTRIBUIÇÃO LUMINOSA

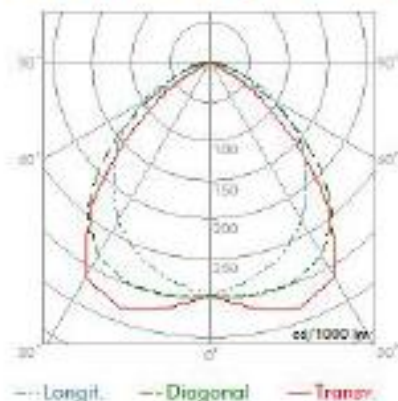
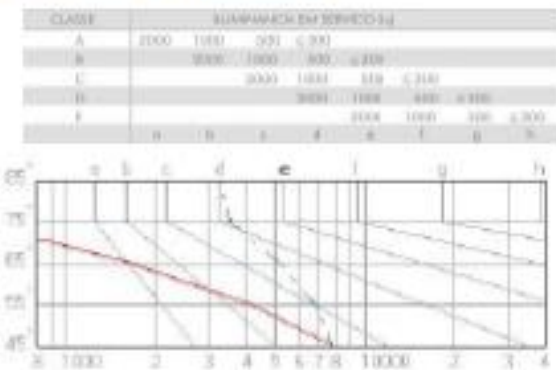


DIAGRAMA DE LUMINÂNCIA



Nirolux Ind. e Com. de Aparelhos Elétricos Ltda.
 I | 11 4785 1010
 F | 11 4785 1034
 Rod Régia Bitencourt, km 276
 06818-300 Embu • SP
 www.itaim.ind.br



Direção e coordenação técnica: Instituto Brasileiro de Qualidade e Produtividade. Projeto gráfico: Instituto Brasileiro de Qualidade e Produtividade. 007/2006