

Análise de iluminação artificial de edificação comercial com certificação Leed – um estudo de caso

Artificial lighting analysis of commercial building with Leed certification – a case study

Flávia Kummer Leite, Arquiteta e Urbanista, pós-graduada em Arquitetura de Interiores, ambos pela UniRitter Laureate International Universities, mestranda em Teoria, História e Crítica em Arquitetura pela UFRGS.

flavia@arqmestra.com.br

Ana Eliza Pereira Fernandes, Arquiteta e Urbanista graduada pela UFPEL, mestre em Arquitetura pela UFRGS.

anaunirriter@gmail.com

Resumo

A certificação ambiental de edifícios tem se desenvolvido em decorrência dos significativos impactos ambientais causados pela construção civil. No Brasil existem alguns empreendimentos certificados e outros em processo de certificação, ainda que de acordo com diretrizes internacionais. O presente artigo visa analisar as consequências sustentáveis ao usuário em uma edificação comercial com certificação LEED no âmbito da iluminação artificial. O método de pesquisa adotado é o estudo de caso de uma loja comercial, localizada em Porto Alegre, RS, que possui ampla representação no mercado de varejo nacional e internacional na venda de roupas masculinas e femininas. O estudo permitiu a análise crítica de parâmetros exigíveis para obtenção do referido certificado no âmbito do projeto de iluminação artificial (luminotécnico) executado no local. A partir dos resultados, a análise de caso demonstra que a certificação LEED é determinante para um futuro sustentável e que a loja estudada está de acordo com o método comparativo utilizado nesta análise, que é a Filosofia das Quatro Esquinas.

Palavras-chave: certificação LEED; iluminação artificial; consumo de energia.

Abstract

The certification of buildings has been developed as a result of the significant environmental impacts caused by the construction. In Brazil there are some certificates and other developments in the certification process, although according to international guidelines. This article aims to analyze the sustainable consequences to the user in a commercial building with LEED certification. The research method used was the case study of a commercial store, located in Porto Alegre, RS, which has wide representation in national and international retail market in the sale of

men's and women's clothing. The study allowed the review of required parameters to obtain such certificate under the artificial lighting design prepared and implemented on the store. From the results, the case analysis shows that LEED certification is crucial for a sustainable future and that if used the philosophy of the four corners it was able to conclude that the artificial lightning designed of the store studied is according to this method.

Keywords: LEED certification; artificial lighting; energy consumption.

1. Introdução

Dentre os tipos de energias consumidas no Brasil, a energia elétrica é a mais utilizada, podendo ser obtida de várias maneiras. A principal fonte provém das usinas hidrelétricas, as quais não são poluentes, embora causem impactos ambientais consideráveis em virtude da quantidade de água necessária para mover as turbinas.

Segundo CEEE (2016), entre os anos 1993 a 2014, os derivados do petróleo foram responsáveis por 44,5% do consumo de energia, a eletricidade por 17,2%, o álcool por 5,1% e a lenha 6,3%. Já o gás natural por 11,6%. A participação do bagaço de cana apresenta 10,8% em 2014, como mostra a Figura 1.

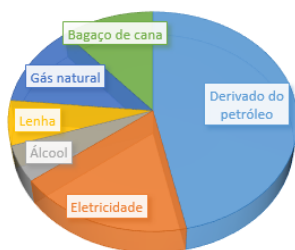


Figura 1: Evolução do consumo final de energia no Brasil por fonte de 1993 a 2014. Fonte: elaborado pelos autores, 2016 *apud* CEEE, 2016.

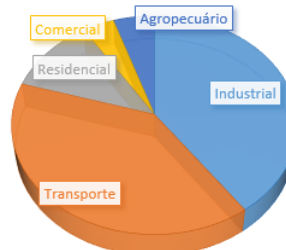


Figura 2: Evolução do consumo final de energia no Brasil por setor de 1993 a 2014. Fonte: elaborado pelos autores, 2016 *apud* CEEE, 2016.

Na Figura 2 observa-se que, em 2014, o setor industrial foi responsável por 32,9% do consumo, o de transporte por 32,5%, o residencial por 9,3%, o comercial por 3,2% e o agropecuário por 4,2%. Sendo que esses cinco setores somados foram responsáveis por 82,1% do consumo energético final verificado no país (CEEE, 2016).

Com o passar dos anos, países desenvolvidos como os da União Europeia, vêm combinando diferentes estratégias para reduzir os danos ao ambiente, através de ações-chaves para um setor construtivo consciente. A origem destas políticas de sustentabilidade de edifícios iniciou-se com o compromisso da diminuição de emissão de gás carbônico, a partir dos países integrantes do Protocolo de Quioto em 1997. Não obstante tenha sido criado em 1997, este protocolo apenas entrou em vigor no dia 16 de fevereiro de 2005, exigindo que, no mínimo, 55% dos mais de 170 países-membros da convenção se adequassem as emissões do ano de 1990 (AGUILAR; OLMEDA, 2014).

Librelotto (2010), dentre outros sistemas de certificações voltadas à construção pelo mundo, destaca o: (i) Building Research Establishment Environmental Assessment Method

do Reino Unido, (ii) Haute Qualité Environnementale da França, (iii) Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency do Japão, e (iv) Green Star da Austrália.

No Brasil as certificações mais utilizadas são: (i) Selo Procel de Economia de Energia ou, simplesmente, Selo Procel, (ii) Selo AQUA - Alta Qualidade Ambiental, e a certificação objeto deste estudo (iii) Leadership in Energy and Environmental Design (LEED), cuja tradução seria Liderança em Energia e Projeto Ambiental, criada pelo Conselho de Edificações Verdes dos Estados Unidos, uma Organização não Governamental (ONG). O certificado LEED é utilizado em mais de 140 países, e possui o intuito de incentivar a transformação dos projetos, obras e operações da indústria da construção civil visando à sustentabilidade e a preservação do ambiente. Este certificado considera a eficiência energética e o quão sustentável o imóvel objeto de certificação se enquadra, classificando-os, segundo Loyola (2011), em categorias diferentes a partir de pontos obtidos. Isto é, Silver (entre 50 e 59 pontos), Gold (entre 60 e 79 pontos) e Platinum (entre 80 e 110 pontos).

A certificação LEED possui sete dimensões a serem avaliadas nas edificações: (i) espaços sustentáveis, (ii) eficiência da água, (iii) energia e ambiente, (iv) materiais e recursos, (v) qualidade ambiental interna, (vi) inovação e design e (vii) prioridade regional. Todas possuem pré-requisitos e recomendações que, quando atendidas, garantem pontos à edificação. O nível da certificação é definido, conforme a pontuação adquirida, podendo variar de 40 a 110. Neste estudo foi abordado o item ‘Energia e Ambiente’ no âmbito da ‘Otimização do desempenho energético do espaço’.

2. Objeto de estudo

A loja analisada passou por um retrofit de edificação existente e, em 2013 adquiriu a Certificação LEED, do tipo Gold. O critério utilizado é o mesmo para os seis pavimentos, por isso este estudo analisou somente o pavimento térreo, tido como uma amostra representativa do todo, a fim de evitar duplicidade de conteúdo.

A loja objeto de estudo é distribuída em cinco pavimentos acima do nível da rua e possui um pavimento de subsolo.

Na sequência insere-se a planta baixa (Figura 3) fornecida pela empresa responsável pela elaboração do projeto de iluminação artificial (luminotécnico) de retrofit da referida edificação, no intuito de obter-se a certificação internacional LEED.

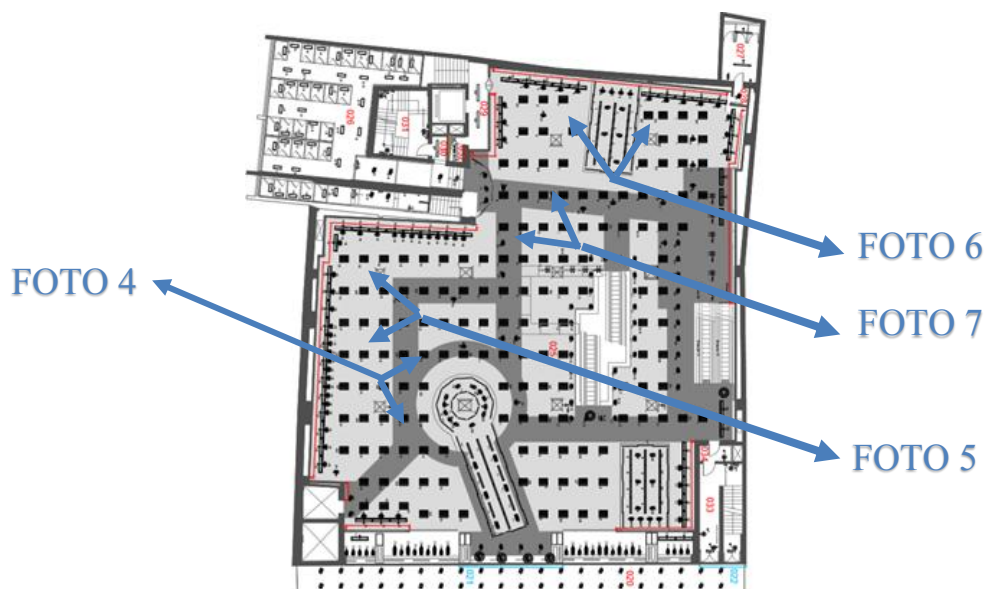


Figura 3: Planta baixa do pavimento térreo. Fonte: Empresa contratada, 2010.



Figura 4: Acesso à loja no pavimento térreo. Fonte: Elaborado pelos autores, 2016.



Figura 5: Setor de moda da loja no pavimento térreo. Fonte: Elaborado pelos autores, 2016.



Figura 6: Lateral esquerda da loja no pavimento térreo. Fonte: elaborado pelos autores, 2016



Figura 7: Acesso ao provador no pavimento térreo. Fonte: elaborado pelos autores, 2016

3. Objetivos

Os objetivos deste trabalho caracterizam-se por (i) analisar os resultados obtidos após o retrofit (termo utilizado para designar o processo de modernização de algum equipamento já considerado ultrapassado ou fora de norma) em relação ao consumo de energia elétrica

antes da reforma da edificação e (ii) comparar e estabelecer relações entre o que consta na literatura e Normas da ABNT.

4. Método

A metodologia utilizada neste trabalho foi a de estudo de caso, que tem como principal objetivo estudar profundamente um ou mais objetos, de maneira que permita o seu amplo e detalhado conhecimento. O método caracterizou-se por: (i) coleta de informações das lâmpadas existentes; (ii) visita técnica com acompanhamento do responsável técnico da empresa consultora para obtenção da certificação LEED; (iii) levantamento visual, (iv) análise da redução do consumo de energia elétrica através de documentos probatórios do referido consumo antes e depois do retrofit e (v) comparação técnica da Filosofia dos Quatro Cantos ou Quatro Esquinas, que neste artigo chamaremos apenas de Filosofia dos Quatros Cantos, que foi desenvolvida pela empresa multinacional Philips, a partir de uma matriz que auxilia na realização de um projeto de iluminação de uma loja, de acordo com várias características e fatores (PHILIPS, 2004). Ademais, se utiliza dos seguintes critérios: (i) iluminância média, (ii) fator de destaque, (iii) temperatura de cor e (iv) índice de reprodução de cor no intuito de facilitar o trabalho dos empreendedores e profissionais da área de iluminação comercial.

5. Resultados

Os dados obtidos foram adquiridos no espaço delimitado pela cor amarela da Figura 8. O acesso à edificação, os elevadores, o provador feminino, o acesso para o subsolo por escadas rolantes, o acesso por escadas rolantes aos pavimentos superiores e o acesso de serviços estão demarcados na Figura 8.

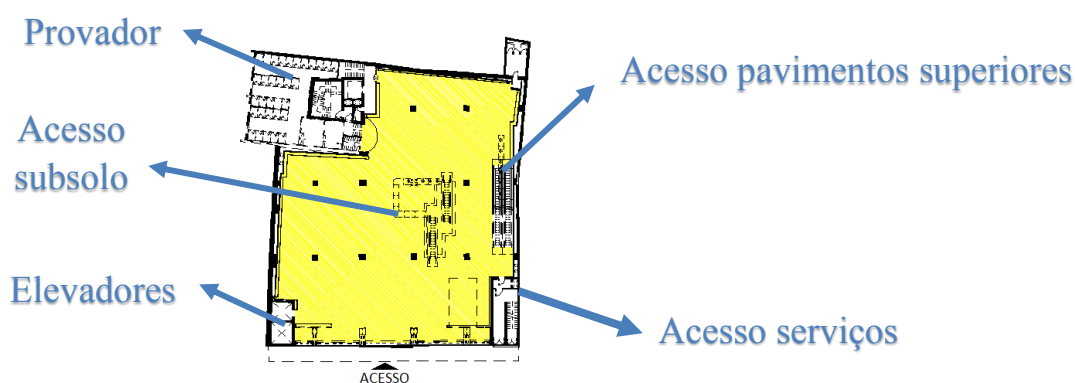


Figura 8: Planta baixa do pavimento térreo. Fonte: Elaborado pelos autores, 2016.

A partir da interpretação dos dados coletados, se obtém os resultados a seguir elencados:

5.1 No levantamento de dados foram obtidas informações das lâmpadas existentes na loja. A distribuição delas está representada na Figura 9 e suas características, segundo o catálogo de produtos da OSRAM e PHILIPS, na Tabela 1.

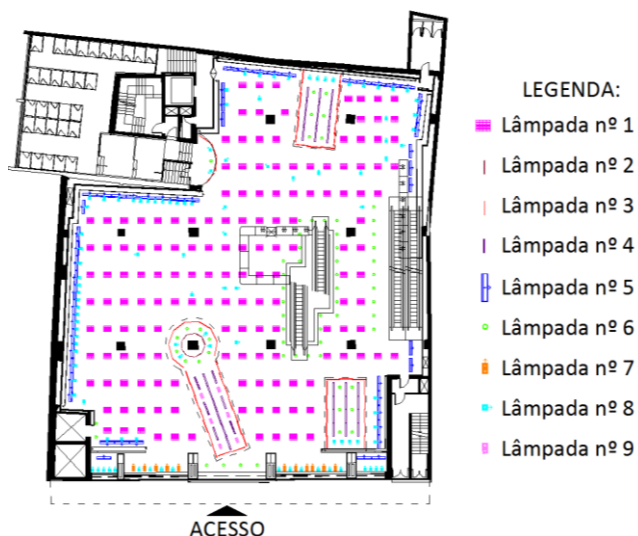


Figura 9: Planta baixa do projeto de iluminação no pavimento térreo. Fonte: elaborado pelos autores, 2016 adaptado da empresa contratada.

Nº lâmpada	Tipo de lâmpada	Descrição	Potência (W)	Marca	Quant. lâmpada luminária	Total Lâmpadas	Temperatura de Cor (TC)	Índice de Reprodução de Cor (IRC)	Fluxo Luminoso
1	Fluorescente Tubular	Smarth lux T5 HE 14W/840	14	OSRAM	4	156	4.000K	> ou = 80	1200
2	Fluorescente Tubular	Smarth lux T5 HE 14W/840	14	OSRAM	1	9	4.000K	> ou = 80	1200
3	Fluorescente Tubular	Smarth lux T5 HE 14W/840	14	OSRAM	2	56	4.000K	> ou = 80	1200
4	Fluorescente Tubular	Smarth lux T5 HO 54W/840	54	OSRAM	1	36	4.000K	> ou = 80	4450
5	Fluorescente Tubular	Smarth lux T5 HO 54W/840	54	OSRAM	1	53	4.000K	> ou = 80	4450
6	Fluorescente compacta	Twister High Lumen 34W CDL E27	34	PHILIPS	2	116	6.500K	80	2150
7	AR	Master LED spot LV AR-111-50W927	50	PHILIPS	1	11	2.700K	90	620
8	AR	Master LED spot LV AR-111-75W927	75	PHILIPS	1	115	2.700K	90	830
9	AR	Master LED spot LV AR-111-75W927	75	PHILIPS	2	6	2.700K	90	830

Tabela 1: Descrição das lâmpadas utilizadas em projeto. Fonte: Elaborado pelos autores, 2016.

5.2 A visita técnica foi realizada no dia 26 de abril de 2016, guiada pelo responsável técnico da empresa contratada para a obtenção da certificação LEED. Na visita foram apresentados todos os ambientes, inclusive os de acesso restrito aos funcionários.

5.3 O levantamento fotográfico realizado durante a visita técnica permitiu a análise dos efeitos da iluminação em relação aos produtos expostos:

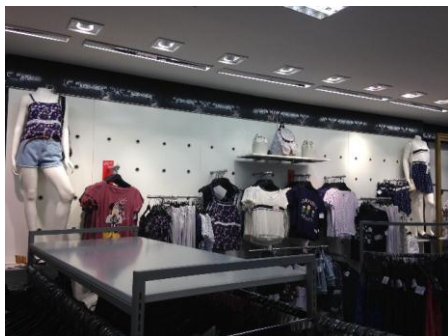


Figura 10: produtos expostos na extremidade da loja. Fonte: Elaborado pelos autores, 2016.



Figura 11: bancada com produtos expostos no meio da loja. Fonte: Elaborado pelos autores, 2016.

5.4 Análise da redução do consumo de energia elétrica

Segundo informações fornecidas pela empresa contratada, houve uma redução de 10% no consumo de energia mensal. Antes da reforma, o consumo mensal de energia elétrica era de R\$22.825,00 (vinte e dois mil, oitocentos e vinte e cinco reais), tendo passado para R\$20.750,00 (vinte mil, setecentos e cinquenta reais) após a conclusão da reforma, no ano de 2013.

O objetivo era analisar as lâmpadas e luminárias, antes e depois da reforma, porém não foram fornecidos documentos do projeto original. E, portanto, a análise do projeto foi feita somente após o retrofit.

5.5 Comparação técnica da Filosofia dos Quatro Cantos

5.5.1 Iluminância média

A propriedade fotométrica utilizada para descrever a luz que incide sobre uma superfície, que pode ser constatada através do reflexo da luz, denominada conceitualmente de luminância, a qual é proporcionalmente ou diretamente relacionada à iluminância (INNES, 2016).

Para obtenção do nível de iluminância foi utilizado um luxímetro digital tipo MLM-1020 da marca Minipa, que tornou possível a obtenção dos dados para posterior comparação com as diretrizes do método constante na ABNT NBR 5.382/1985, em vigor por ocasião da realização do retrofit.



Figura 12: Luxímetro medindo 430 lux na medição do ponto P1 da Figura 15. Fonte: Elaborado pelos autores, 2016.



Figura 13: Luxímetro medindo 690 lux na medição do ponto r3 e r6 da Figura 15. Fonte: Elaborado pelos autores, 2016.

A ABNT (1985) apresenta como instrumento para determinação da iluminância média em áreas retangulares, a Figura 14:

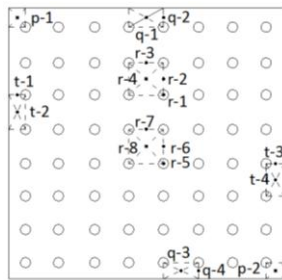


Figura 14: Campo de trabalho retangular, iluminado com fontes de luz em padrão regular, simetricamente espaçadas em duas ou mais fileiras.

Fonte: ABNT, 1985.

Na Figura 15, são apresentadas as medições realizadas no local. Seguindo a determinação da ABNT NBR 5382/1985.

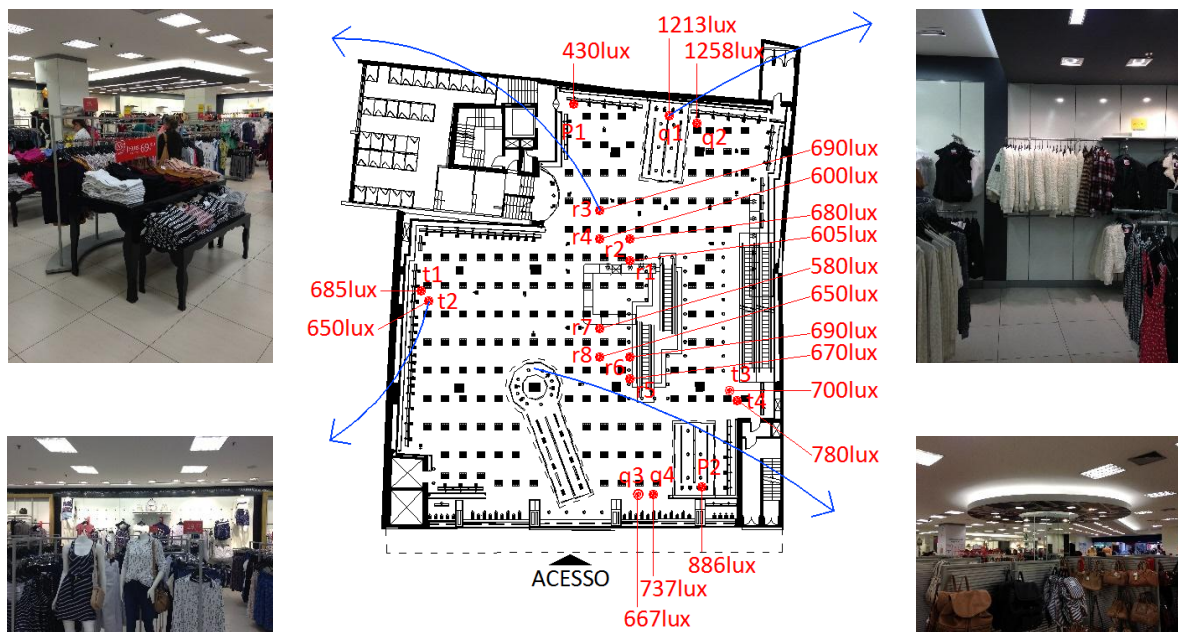


Figura 15: Indicação dos pontos de medição no pavimento térreo. Fonte: elaborado pelos autores, 2016 adaptado da empresa contratada.

A ABNT (1985) sugere a seguinte equação (1) para determinação da iluminância média (E):

$$E = \frac{R(N-1) * (M-1) + Q * (N-1) + T * (M-1) + P}{N * M} \quad (1)$$

Sendo: N = nº de luminárias por fila; M = nº de filas; P = média aritmética entre $P1$ e $P2$; Q = média aritmética entre $Q1$ e $Q2$; R = média aritmética entre $r1$, $r2$, $r3$ e $r4$; T = média aritmética entre $t1$, $t2$, $t3$ e $t4$.

Com base no mapeamento da Figura 15, e Tabela 1, obtém-se a seguinte equação preenchida:

$$E = \frac{658,12(8,3-1)*(19-1)+968,75*(8,3-1)+703,75*(19-1)+658}{8,3*19} = 673,53 \text{ lux}$$

Para obtenção do nível de iluminância, se estabeleceu uma média de luminárias por fila. Trata-se de uma planta com as luminárias distribuídas de forma simétrica, todavia em planta baixa de perímetro irregular, vide Figuras 14 e 15.

Segundo a ABNT (1991) estabelece, tem-se, para lojas de artigos diversos os valores constantes na Tabela 2.

5.3.58 Lojas	Em lux
- vitrinas e balcões (centros comerciais de grandes cidades): geral	750 - 1000 - 1500
- interior de: loja de artigos diversos	300 - 500 - 750

Tabela 2: Requisitos para o planejamento da iluminação. Fonte: ABNT, 1991.

Desse modo, observou-se que o valor obtido na equação (1), atende a iluminância média conforme Tabela 2, pois o valor de 673,53 está entre 500 e 750 lux.

Embora a norma técnica vigente seja posterior a execução do retrofit, cabe demonstrar a previsão da ABNT (2013) na Tabela 3:

Tipo de ambiente, tarefa ou atividade	Em lux
23.Varejo	
Área de vendas pequena	300
Área de vendas grande	500
Área de caixa registradora	500
Mesa do empacotador	500

Tabela 3: Requisitos para o planejamento da iluminação. Fonte: ABNT, 2013.

A partir da Tabela 3, constata-se que o valor obtido na equação (1) está próximo do limite estabelecido, pois áreas de venda de grande porte devem ter a iluminância média de 500 lux.

Em se tratando da Filosofia dos Quatro Cantos, a loja objeto deste estudo está de acordo por apresentar na equação (1) o valor de 673,53 e se enquadrar entre 300 e 700 lux, conforme Figura 16.

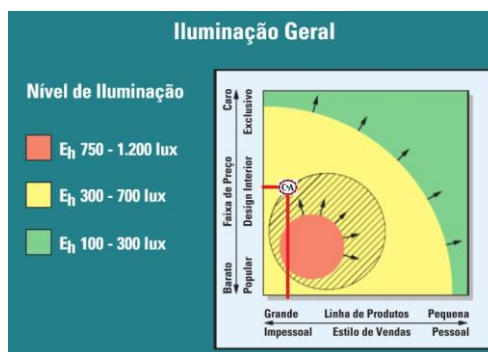


Figura 16: Iluminação geral - Filosofia dos Quatro Cantos. Fonte: Elaborado pelos autores, 2016 apud PHILIPS, 2004.

5.5.2 Fator de destaque

É a relação entre a iluminância média sobre o objeto iluminado. Abaixo as distribuições dos fatores de destaque recomendadas pela Filosofia dos Quatro Cantos (Figura 17), com a demarcação do enquadramento da loja ora pesquisada:

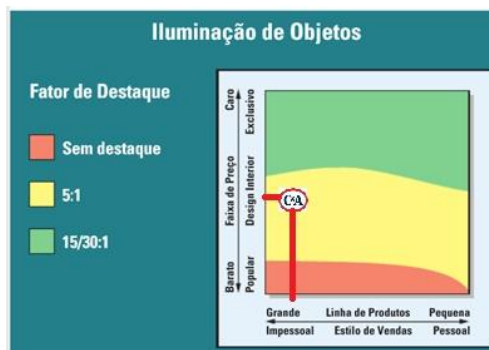


Figura 17: Fator de destaque - Filosofia dos Quatro Cantos. Fonte: elaborado pelos autores, 2016 apud PHILIPS, 2004.

Verificou-se na Figura 17 que a loja objeto desta pesquisa, segundo os critérios de faixa de preço, design interior, linha de produtos e estilo de vendas, enquadrar-se-á como linha de produtos de grande porte, estilo de venda impessoal, com faixa de preço regular, isto é intermediário, e design interior convencional. Desta forma, o fator de destaque recomendado pela Filosofia dos Quatro Cantos é de 5:1. Todavia, não foi encontrado este resultado, e sim, que não há fator de destaque por conter 1213 lux (ponto de medição q1 na Figura 15) que é somente o dobro da iluminância média: 673,53lux.

5.5.3 Temperatura de cor

Caracteriza a aparência da cor de uma fonte de luz. Segundo Silva (2009), existem várias tonalidades de cor que são identificadas em Kelvin (K), quanto mais alta, mais branca a luz, e quanto mais baixa mais amarela será a luz. Em ambientes com iluminação de até 3.000K identifica-se uma iluminação mais aconchegante, que passa a ideia de loja com padrão mais alto. A iluminação acima de 4.000K geram ambientes com caráter popular e por isso apresenta uma iluminação mais fria. O catálogo das lâmpadas previstas em projeto informa que a maioria das lâmpadas têm 4.000K.

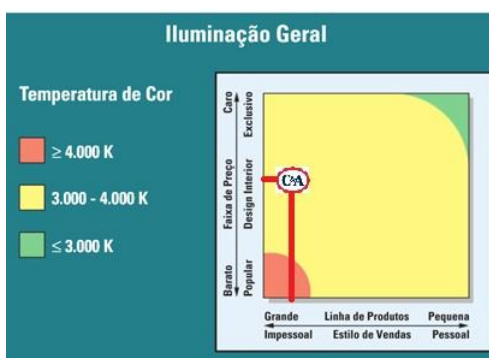


Figura 18: Temperatura de cor - Filosofia dos Quatro Cantos. Fonte: Elaborado pelos autores, 2016 apud PHILIPS, 2004.

5.5.4 Índice de Reprodução de Cor (IRC)

Mede a quantidade que a luz artificial consegue se aproximar da luz natural, que é de $R_a=100$. Segundo Silva (2009), quanto mais próximo deste valor o IRC de uma lâmpada, melhor a reprodução das cores em um ambiente. O catálogo das lâmpadas previstas em

projeto informa que todas as lâmpadas possuem $IRC \geq 80$. Portanto verificamos que a loja está de acordo com os parâmetros previstos na Filosofia dos Quatro Cantos, pois demonstra que para uma loja com o mesmo padrão da loja estudada o Ra deve ser entre 80 e 95. A Figura 19 possui a demarcação do enquadramento da loja ora pesquisada:

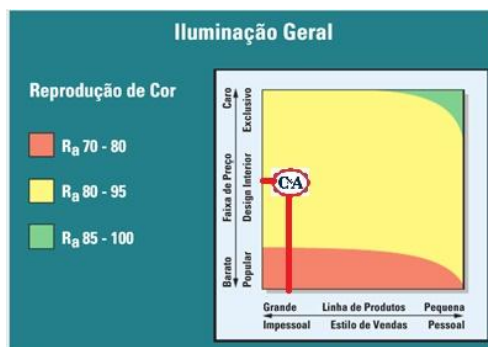


Figura 19: Reprodução de cor - Filosofia dos Quatro Cantos. Fonte: elaborado pelos autores, 2016 apud PHILIPS, 2004.

A Filosofia dos Quatro Cantos é corroborada pela ABNT NBR ISO/CIE 8995/2013, pois sugere o valor mínimo de Ra igual a 80, conforme Tabela 4. A norma vigente à época da concepção do trabalho, a ABNT NBR 5.413/1991, não exigia este coeficiente.

Tipo de ambiente, tarefa ou atividade	Ra
23.Varejo	
Área de vendas pequena	80
Área de vendas grande	80
Área de caixa registradora	80
Mesa do empacotador	80

Tabela 4: Requisitos para o planejamento da iluminação. Fonte: ABNT, 2013.

6. Conclusão

O método de avaliação da loja estudada trata principalmente das interações da iluminação artificial com o edifício, sua relação sustentável com a economia no consumo de energia elétrica e sua importância em uma instalação comercial, tornando-se um dos principais fatores para o sucesso de um estabelecimento comercial. A iluminação determina o ambiente, dando destaque aos objetos, às cores e aos pontos de maior interesse. Face ao exposto, considerando-se que a iluminação pode motivar o cliente a comprar e a voltar ao estabelecimento, o resultado final de um projeto de iluminação deve estar de acordo com referências bibliográficas e/ou a luz dos regramentos técnicos estudados. Desse modo, verifica-se que o projeto luminotécnico executado por ocasião do retrofit do empreendimento:

- 1) Possui iluminância média de 673,53 estando de acordo com: (i) a ABNT NBR 5.413/1991, a (ii) ABNT NBR ISO/CIE 8995/2013 e a (iii) Filosofia dos Quatro Cantos;
- 2) Apresenta Fator de destaque de 1:2, não estando de acordo com a Filosofia dos Quatro Cantos que exige que seja de 1:5;

- 3) Apresenta Temperatura de Cor de 4.000K, estando de acordo com a Filosofia dos Quatros Cantos e a ABNT NBR ISO/CIE 8995/2013;
- 4) Apresenta IRC de Ra=80, estando de acordo com a Filosofia dos Quatros Cantos e a ABNT NBR ISO/CIE 8995/2013.

Referências

- AGUILAR, María José Ruá; OLMEDA, Natividad Guadalajara. **La sostenibilidad en el valor de los edificios**. 2. ed. Valência: Universitat Politècnica de València, 2014. 104 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5.382**: Verificação de iluminância de interiores. Rio de Janeiro, 1985.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5.413**: Iluminância de interiores. Rio de Janeiro, 1991.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO/CIE 8995-1**: Iluminação de ambientes de trabalho Parte 1: Interior. Rio de Janeiro, 2013.
- COMPANHIA ESTADUAL DE ENERGIA ELÉTRICA (CEEE). **Balanco Energético Nacional**. 2015. Disponível em: <http://www.cee.com.br/pportal/cee/Archives/Upload/Balanco_Energetico_RS_2015_base_2014_61962.pdf>. Acesso em: 15 out. 2016.
- INNES, Malcolm. **Iluminação no design de interiores**. São Paulo: Gg, 2016. 192 p.
- SILVA, Mauri Luiz. **Iluminação: Simplificando o projeto**. Rio de Janeiro: Ciência Modera, 2009. 172 p.
- SILVA, Mauri Luiz. **Luz, Lâmpadas & Iluminação**. Rio de Janeiro: Ciencia Modera, 2014. 159 p.
- LIBRELOTTO, Giordano Rubert. **Comparação entre critérios de avaliação envolvidos nos sistemas de certificação de edificações Aqua e Leed for Schools**. 2010. 91 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.
- LOYOLA, Gabriela de Souza. **ESTUDO COMPARATIVO PARA PADRONIZAÇÃO DE EDIFICAÇÕES INDUSTRIAIS SUSTENTÁVEIS ATRAVÉS DA CERTIFICAÇÃO LEED**. 2011. 104 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Produção, Fae Centro Universitário, Curitiba, 2011.
- OSRAM (São Paulo). **Catálogo de Produtos**. 2004. Disponível em: <<https://www.osram.com.br/cb/>>. Acesso em: 26 jan. 2018.
- PACHECO, Tathiana Cardoso. **Diagnóstico da gestão de resíduos na construção civil – comparação de obras no Rio de Janeiro visando a certificação LEED e obras sem certificação**. 2011. 210 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011.
- PHILIPS (São Paulo). **Iluminação Comercial**. 2004. Disponível em: <<http://docslide.com.br/documents/philips-iluminacao-comercial.html>>. Acesso em: 10 out. 2016.
- PHILIPS (São Paulo). **Catálogo de Produtos**. 2004. Disponível em: <<http://www.lighting.philips.com.br/prof>>. Acesso em: 26 jan. 2018.