



## **LEVANTAMENTO DE CURVA DE ILUMINAÇÃO APLICANDO REVESTIMENTO DE BAIXO CUSTO NA UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ.**

**Walterlins Willames da Silva** – walterlinswillamens@hotmail.com  
Universidade Federal do Piauí, Departamento de Engenharia Elétrica.  
Campus Universitário Ministro Petrônio Portella, s/n - Ininga,  
64049-550 Teresina - PI,

**Francisco Victor Esteves Lemos** - victorleteves@gmail.com  
Universidade Federal do Piauí, Departamento de Engenharia Elétrica.  
Campus Universitário Ministro Petrônio Portella, s/n - Ininga,  
64049-550 Teresina - PI,

**Karla Beatriz de Oliveira Galvão** - karlabeatrizp2@hotmail.com  
Universidade Federal do Piauí, Departamento de Engenharia Elétrica.  
Campus Universitário Ministro Petrônio Portella, s/n - Ininga,  
64049-550 Teresina - PI,

**Jucian Lustosa de Brito**- jucianlustosa@gmail.com  
Universidade Federal do Piauí, Departamento de Engenharia Elétrica.  
Campus Universitário Ministro Petrônio Portella, s/n - Ininga,  
64049-550 Teresina - PI,

**Fábio Rocha Barbosa**– fabiorocha@ufpi.edu.br  
Universidade Federal do Piauí, Departamento de Engenharia Elétrica.  
Campus Universitário Ministro Petrônio Portella, s/n - Ininga,  
64049-550 Teresina - PI,

***Resumo:** Este documento foi produzido com objetivo de analisar levantamento de curva de iluminação utilizando materiais reflexivos de baixo custo (papel alumínio, papel laminado prata) para uso eficiente do sistema de iluminação, empregando a metodologia da legislação vigente a NBR ISO/CIE 8995-1:2013 que segue padrões internacionais de níveis de iluminação e aborda aspectos qualitativos e quantitativos da iluminação. Os resultados obtidos nas medições foram abaixo do mínimo requerido pela norma vigente e a aplicação do material de baixo custo que apresentou melhor eficiência energética em uma sala de aula demonstrou incremento significativo no valor médio em relação aos níveis de iluminância sem a aplicação do revestimento.*

**Palavras-chave:**, Eficiência luminosa, Materiais reflexivos

### **1 INTRODUÇÃO**

A iluminação pode determina o que vemos e como vemos e exatamente por este motivo ela altera o humor, a percepção do espaço e influência no bem estar do indivíduo, de maneira



diferente em cada um. Os níveis de iluminância determinam a quantidade ideal de iluminação para execução de tarefa e para isso existem as normas. (BERTOLOTTI, 2007).

Uma iluminação insuficiente interfere nos níveis de desempenho do indivíduo em decorrência da diminuição do ritmo de trabalho, numa menor percepção de detalhes, aumento de erros ao executar determinados trabalhos e elevação dos índices de acidentes do trabalho (TAVARES, 2006). A organização do sistema de iluminação, o nível de iluminação, a quantidade de luz natural aproveitada e a tecnologia estabelecida são alguns agentes causadores de desconforto.

A iluminação influencia o desempenho das tarefas e no poder de Concentração do ser humano. Altos índices de iluminância no período da manhã aumentam os níveis de cortisol, hormônio corticosteroide produzido pela glândula suprarrenal, alguns de seus efeitos são aumento da pressão arterial e aumento dos níveis de açúcar no sangue (energia), além de suprimir o sistema imune ou imunológico, tornando o indivíduo mais ativo, porém a exposição excessiva apresenta efeitos de cansaço e esgotamento. Outro hormônio também é atingido pela iluminação, a melatonina, ou hormônio do sono, reduz seus níveis pela manhã, e sobe novamente quando o ambiente escurece, permitindo sono saudável (VAN BOMMEL *et al.*, 2002). O planejamento apropriado da luz no ambiente pode diminuir os acidentes, torna o ambiente mais agradável dando assim uma certa qualidade de vida.

Esse trabalho averigua a aplicação de materiais reflexivos de baixo custo para melhoramento nos níveis de iluminância de uma sala de aula da Universidade Federal do Piauí- UFPI. Mediram-se os valores máximos, mínimos e médios para cada situação (com e sem revestimento) tendo como base a NBR ISO 8995, comparando esses valores com os normatizados para o ambiente em questão. Após pesquisas bibliográficas e levantamento de dados *in loco*, verifica-se a possibilidade de implementação desses revestimentos para uso em sistema de iluminação, garantindo certa melhoria na eficiência energética, na qual poderia levar o ambiente a normatização caso os valores de níveis de iluminância não apresente disparidade muito grande em relação aos valores normatizados.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A fundamentação teórica desse artigo baseia-se em alguns conceitos e definições básicas a fim de permitir uma percepção e deixar a leitura autocontida.

O primeiro conceito a ser abordado é o nível de iluminação, ou iluminância, que é a densidade da luz necessária para uma determinada tarefa visual ou ainda fluxo luminoso nominal incidente por unidade de área iluminada, (DA COSTA, 2006). Esta definição pode ser confundida com luminância que é a intensidade luminosa produzida ou refletida por uma superfície aparente. Os níveis de iluminância precisam ser criteriosamente definidos, respeitando a necessidade dos utilizadores e o nível de acuidade visual da tarefa a ser desenvolvida. Sua unidade é Lux. Ainda falando sobre a luminância ela pode ser definida também como sendo a intensidade emitida ou refletida por uma superfície iluminada em direção ao olho humano, ou ainda a intensidade luminosa de uma fonte de luz produzida ou refletida por uma superfície iluminada, sendo função da iluminância e das características de reflexão das superfícies. Sua unidade é  $cd/m^2$ .

Os dados fotométricos da luminária influenciam de maneira direta na escolha dos sistemas, a curva de distribuição luminosa, (*cdl*), é a forma da distribuição de luz dada pela luminária (ITAIM, 2009). Como a maioria das lâmpadas não apresenta uma distribuição uniformemente em todas as direções é comum o uso das curvas de distribuição luminosa, CDL's.



Fator de reflexão é a razão entre o fluxo luminoso nominal refletido o fluxo luminoso nominal incidente. Este índice tem relação direta com as cores e acabamentos das superfície iluminada, quanto mais escuro o ambiente menor será o índice de reflexão. Ambientes escuros necessitam de maior número de luminárias e lâmpadas se comparadas a salas claras, a cor escura absorve muito mais luz, refletindo pouco.

Eficiência energética ou luminosa genericamente é uma relação entre duas grandezas, que quando comparadas fornecem valores de desempenho distintos. Em iluminação é a relação entre o fluxo luminoso e a potência consumida ( $lm/W$ ), quanto maior o valor encontrado nesta divisão mais eficiente é a fonte estudada, pois consome menos watts e produz mais lúmens (RODRIGUES, 2002). Instalações sem a preocupação da eficiência energética, geram maior calor no ambiente, maiores custo com a conta de energia elétrica além se serem determinantes para a boa produtividade no ambiente de trabalho e/ou estudo. A eficiência do sistema de iluminação artificial está associada, basicamente, as características técnicas, a eficiência e ao rendimento de um conjunto de elementos, dentre os quais se destacam: Lâmpadas e Luminárias.

De maneira resumida, as lâmpadas que se encontram disponíveis para comercialização podem ser classificadas de acordo com o princípio de emissão de luz: incandescente e de descarga. As lâmpadas estudadas nesse artigo são as lâmpadas de descargas tubulares.

Essas lâmpadas são constituídas por um tubo de descargas, formadas por um invólucro translúcido, em cujas extremidades existem eletrodos que possuem a função de emitir elétrons quando aquecidos. Ao se aplicar uma diferença de potencial externa, os elétrons emitidos pelos eletrodos negativo (cátodo) são acelerados em relação ao eletrodo positivo (ânodo), colidindo no caminho com gases de vapores metálicos existente no tubo de descarga. (RODRIGUES, 2002). Essas colisões podem ser elásticas gerando um aumento de temperatura, ou inelásticas causando sua ionização. O decaimento do átomo ao seu estado de menor energia é acompanhado de emissão de radiação. Dependendo de sua distribuição espectral, essa radiação pode ser utilizada como fonte de luz. Caso contrário será absorvida por um revestimento na parede interna do tubo de descarga, conhecido genericamente por “fósforo”, que emite uma radiação com uma curva espectral mais adequada à iluminação do ambiente (RODRIGUES, 2002).

As luminárias são aparelhos destinados a fixação das lâmpadas. Além do suporte, elas determinam os contrastes, a possibilidade de adaptação, a presença ou não de ofuscamento, e em geral, a capacidade visual e do bem estar gerado por uma boa iluminação. Assim como a escolha do tipo de lâmpadas adequada ao ambiente pode gerar uma economia energética, a escolha da luminária adequada ao ambiente pode maximizar o aproveitamento da luz emitida pela lâmpada, conseqüentemente, obter uma carga de menor porte. Um fator importante no desenvolvimento de um projeto de iluminação, a sua análise de forma isolada, podendo levar a soluções inadequadas de iluminação. No entanto, uma luminária indicada para um determinado recinto deve combinar eficiência, controle de ofuscamento e distribuição de luz compatível com o ambiente a ser iluminado. A forma da luminária, a existência ou não de aletas, o material e o tipo de pintura do refletor são os componentes que mais influência na eficiência da luminária. (NBR ISO/CIE 8995-1).

Refletores são dispositivos que servem para modificar a distribuição espacial do fluxo luminoso de uma fonte. Podem ser constituídos de vidros ou plásticos espelhados, alumínio polido, chapa de aço esmaltado ou pintado de branco. O vidro espelhado, apesar da alta refletância, é pouco utilizado devido a sua fragilidade, peso elevado e custo (RODRIGUES, 2002). Os materiais analisados tem a vantagens de alta refletância, razoável resistência mecânica, peso reduzido e custo relativamente baixo.



### 3 MATERIAL E METODOLOGIA

Os Materiais baixo custo utilizado para esse estudo foram: Papel alumínio e o Papel laminado prata. Estes possuem propriedades de refletância que foram submetidos a testes iniciais no laboratório de eficiência energética da UFPI.

O luxímetro Digital POL-10, foi o aparelho utilizado para medir os níveis de iluminância de interiores, este calibrado em lux.

A trena digital eletrônica flukke 414D, serviu para determinar a medição de comprimento;

Para o armazenamento de dados *in loco*, utilizou-se o software EXCEL, editor de planilha produzido pela Microsoft que incluem ferramentas de cálculo e construção de gráficos.

#### 3.1 Procedimentos Experimentais

O levantamento de dados da eficiência de iluminação das lâmpadas foi embasado na norma em vigor, sendo a esta a NBR ISO/CIE 8995-1, vigente a partir de março de 2013. Essa nova norma brasileira especifica os requisitos de iluminação para locais de trabalho fechados e os requisitos para que as pessoas desempenhem tarefas visuais de maneira eficiente (NBR ISO/CIE 8995-1).

Inicialmente foram feitas pesquisas dos possíveis materiais de baixo custo que poderiam ser utilizados no revestimento para eficácia do sistema de iluminação, selecionados os materiais, foram realizadas medições do sistema de iluminação: sem o revestimento (situação atual); revestido com papel alumínio e revestido com papel laminado prata. Como determina a norma, as aferições foram realizadas em altura equivalente ao nível do plano de trabalho sendo esta medida 0,75 m em relação ao piso e com o aparelho luxímetro calibrado na escala de 2000 lux foram realizadas as medições. Houve cuidado na escolha da escala, pois em escalas pequenas o resultado pode ser afetado e influenciaria assim nas medições. Os pontos foram espaçados igualmente de 0,5 m em 0,5m, medidos com auxílio de uma trena. Como definido pela norma técnicas NBR ISO/CIE 8995-1:2013 estes testes iniciais experimentais foram feitos no período da manhã no laboratório de Eficiência Energética da Universidade Federal do Piauí e foram obtidos resultados iniciais dispostos em Fig. 1 a 3. Os valores obtidos do teste experimental inicial para iluminância máxima, mínima e média estão presentes na Tabela I.

Tabela 1 – Valores de Iluminância obtidos: Máximos, Mínimos e Médios.

Revestimento	Iluminância ( <i>lux</i> )		
	Máxima	Mínima	Média
Nenhum	299	190	260,52
Papel alumínio	310,4	208,5	266,81
Papel laminado	329	214	297,77



Figura 1 – Curva de Iluminamento sem o revestimento.

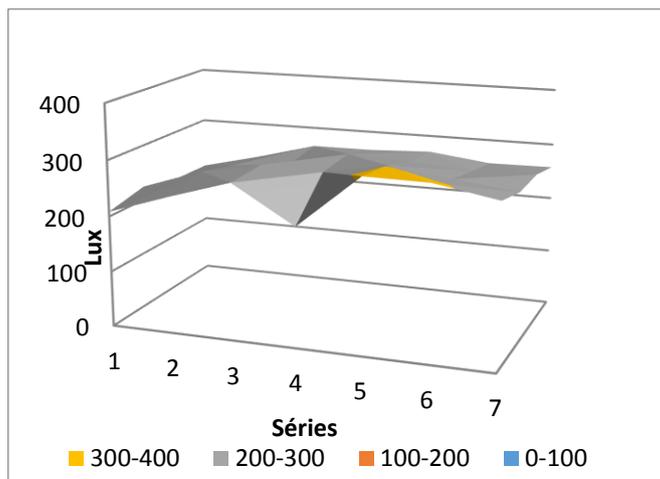


Figura2 – Curva de Iluminamento com o revestimento papel alumínio.

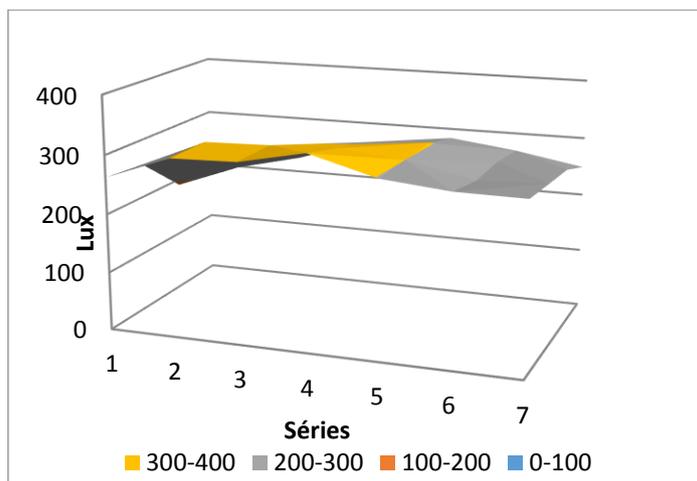
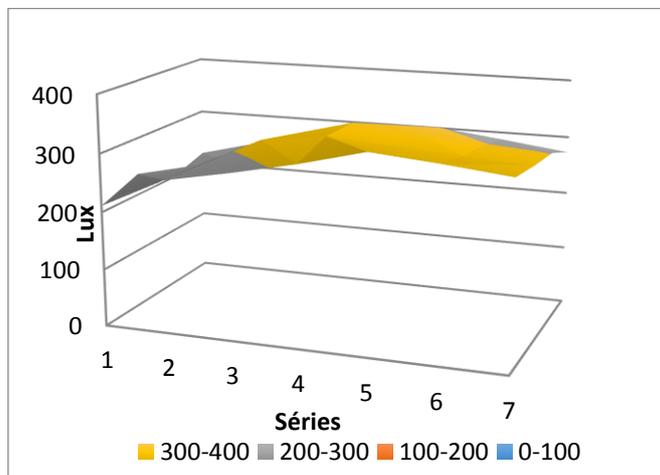


Figura3 – Curva de Iluminamento com o revestimento papel com superfície laminada





Na tabela 1, pode-se observar que os melhores resultados foram obtidos com revestimento com o papel laminado prata com incremento de iluminância de 23,99% em relação ao sistema (atual sem revestimento) e incremento de 11,60% em relação ao sistema com revestimento de papel alumínio.

Na segunda etapa, foi feita a escolha do local a ter implementação do melhor resultado observado, a partir da Tabela 1. Optou-se pela sala de aula 583 localizada no bloco 8 do Centro de Tecnologia da Universidade Federal do Piauí no período noturno, visando minimizar fatores externos e assim comprovar a eficácia do material reflexivo de baixo dando fidedignidade a pesquisa. A sala apresenta as dimensões 9,0 m x 7,0 m, foram retiradas cuidadosamente as lâmpadas do modelo tubular T10 e em seguida feitos os revestimentos das luminárias com o material escolhido que serviram de refletores, terminado o revestimento em todas as luminárias da sala de aula, as lâmpadas foram colocadas novamente e testadas para verificação de avaria que pudesse ter ocorrido devido o processo de retirada e instalação das mesmas.

Para que a temperaturas das fontes e pressões internas dos gases fica-se dentro de seus valores nominais, houve o acionamento das lâmpadas e esperou um tempo de 30 minutos. Passado esse tempo de estabilização, foram realizadas medições com revestimentos dos materiais supracitados. Como as mesas são muitas vezes reorganizadas nas salas de aula, a área de trabalho foi considerada a sala inteira que engloba a mesas e carteira e o espaço do usuário, menos a faixa marginal de 0,5 m de largura que é suficiente para garantir que uma uniformidade mínima de 0,7 seja observada nas mesas individuais conforme definida na norma.

Com o auxílio do software EXCEL, foi inserido os dados *in loco* em uma planilha fornecida pelo programa, pela ferramenta de cálculo, os mesmo foram analisados, resumidos e inseridos na Tabela II.

Os resultados dos dados coletados estão dispostos de forma resumida na Tabela II, onde indica os valores máximos, mínimos além das médias obtidas nas duas situações sem o revestimento (sistema atual) e com o revestimento do papel laminado prata.

Em seguida, empregando os dados contidos na Tabela II, plotou-se gráficos de superfície de contorno referentes aos pontos aferidos na sala de aula em conformidade com a norma vigente. As Figura 4 e Figura 5 mostram os resultados obtidos sem e com o revestimentos do material refletor proposto, respectivamente.

TABELA II – Valores de Iluminância obtidos: Máximos, Mínimos e Médio.

Revestimento	Iluminância(lux)		
	Máxima	Mínima	Média
Nenhum	179	81,2	134,52
Papel laminado	204,4	81,9	167,77



Figura 4 – Curva de Iluminamento sala 583 sem revestimento

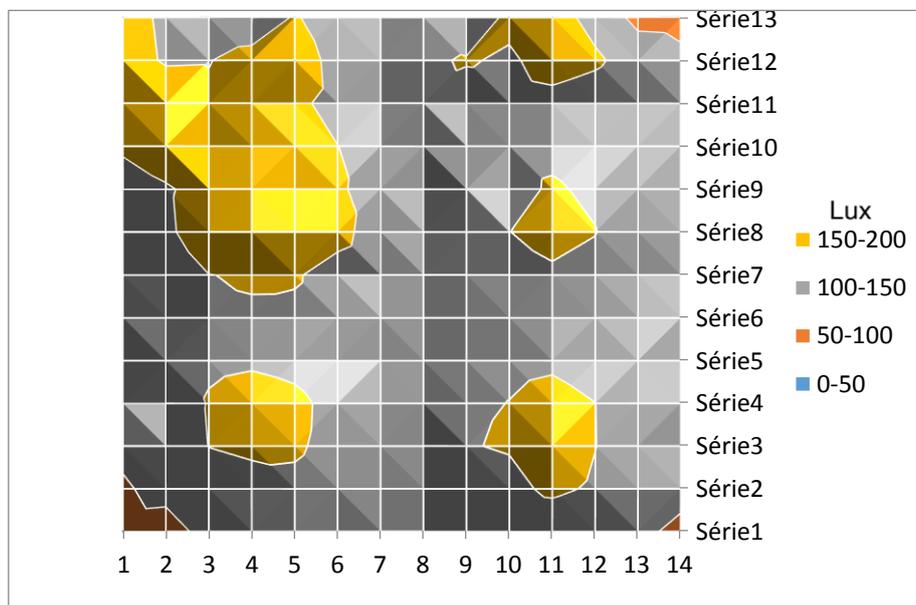
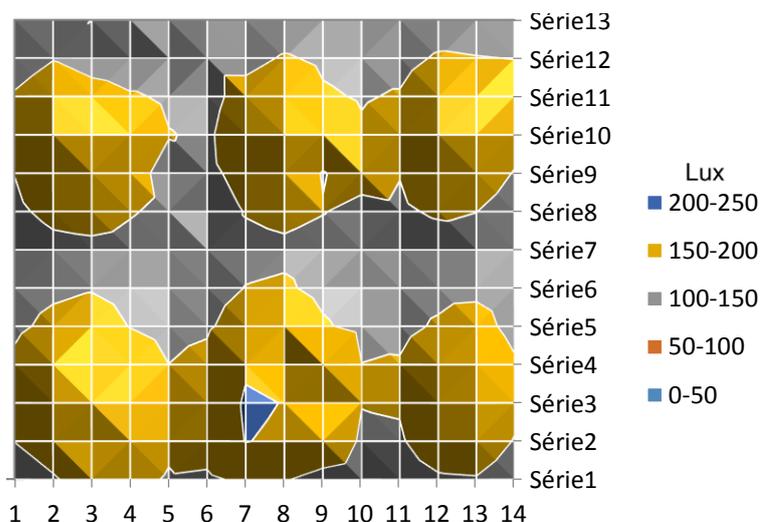


Figura5 – Curva de Iluminamento sala 583 com revestimento



Observando os gráficos referentes ao da sala de aula 583 (Figura 4 – 5), percebe-se certas zonas com maior nível de iluminância, que são referentes aos locais próximos das luminárias. As zonas próximas a faixa marginal apresentam menor nível, possivelmente devido às sombras projetadas pela própria construção. Referente ao uso do papel laminado prata houve um incremento de 24,71% no valor médio de iluminância em relação ao sem revestimentos na sala 583.

#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao apresenta uma melhora na iluminância de lâmpadas tubulares com o uso de um material de baixo custo, com características reflexivas, abre-se um espaço para discutir e



apresentar emprego de outros materiais similares. Além de permitir buscar práticas mais baratas para aumentar a eficiência energética.

Este trabalho não apresentou um estudo do impacto do fator reflexão do ambiente e objetos inseridos neste no nível de iluminância, e conseqüentemente o impacto que limpeza regular pode trazer. Proposta que ficará para pesquisa futura. Vale salientar que durante os testes, constatou-se que tanto luminárias e lâmpadas estavam sujas. Evitou-se limpá-las para ter medidas em relação ao sistema atual.

Todos os valores obtidos nas medições estão abaixo ao mínimo requerido pela norma técnica NBR ISSO/CIE 8995-1:2013, que especifica para salas de aulas o valor mínimo de 300 lux para escolas primárias e secundárias, 500 lux para aulas noturnas e educação de adultos. Pode-se supor que o sistema de iluminação de alguns ambientes, na maioria dos casos, apresenta iluminação precária, utilização de luminárias impróprias, iluminância inadequada, baixa eficiência, entre outros problemas. Essas conjecturas não diminuem o fato que houve um notável incremento no valor empregando revestimento do papel laminado prata. Uma maneira de se obter um aumento dos níveis de iluminância é a substituição das lâmpadas e luminárias por outras mais eficientes.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BERTOLOTTI, Dimas; UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. Iluminação natural em projetos de escolas: uma proposta de metodologia para melhorar a qualidade da iluminação e conservar a energia, 2007. Dissertação (Mestrado).

TAVARES, José da Cunha. Tópicos de administração aplicada à segurança do trabalho. 5 ed. São Paulo: Senac, São Paulo, 2006.

VAN BOMMEL, Ir W.J.M; VAN DEN BELD, Ir G.J.; VAN OUYEN, Ir M.H.F. Industrial lighting and productivity. Philips Lighting, The Netherlands, p. 20, 2002.

DA COSTA, Gilberto José Corrêa. **ILUMINAÇÃO ECONÔMICA: CÁLCULO E AVALIAÇÃO**. EDIPUCRS, 2006.

DA COSTA, Gilberto José Corrêa. Iluminação econômica-cálculo e avaliação. 4 ed. Porto Alegre: ADIPUCRS, 2006.

ITAIM. Catálogo geral de produtos. São Paulo, 2009 Disponível em: <<http://www.itaim.ind.br>> Acesso 13 julho de 2017.

RODRIGUES, Pierre. Manual de iluminação eficiente. Procel–Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica, 1. ed, jun. 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS). **NBR ISO/CIE 8995-1: Iluminância de Interiores**. ABNT, 2013.