

PARÂMETROS DE ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL: ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE O SELO PROCEL E AS NORMAS TÉCNICAS BRASILEIRAS DE ILUMINAÇÃO

Yandra Patrícia Lima de Oliveira¹

Resumo

O cenário mundial do setor da construção civil busca soluções para melhorar o desempenho energético das edificações, e como política para redução do consumo de energia, a regulamentação por meio de códigos e certificações ambientais surgiram para assegurar e melhorar o consumo nesse setor. No âmbito brasileiro o Selo Procel Edifica se destaca como uma das principais e mais abrangentes certificações ambientais disponíveis no mercado. Levando-se em consideração o papel que o sistema de iluminação artificial ocupa no consumo energético dos edifícios, esse artigo teve por objetivo analisar e comparar os parâmetros adotados pelo Selo Procel com os exigidos pelas normas brasileiras que versam sobre iluminação a fim de determinar os métodos mais eficientes e a obrigatoriedade destes em obras públicas e privadas. Conclui-se que as normas brasileiras da ABNT estabelecem apenas critérios luminotécnicos para o conforto visual dos ambientes, enquanto a certificação analisada utiliza métodos de cálculo para a adequação do consumo energético da edificação, sendo hoje os parâmetros mais atualizados e condizentes com a realidade brasileira.

Palavras-chave: *Certificação ambiental. Eficiência energética. Iluminação. Selo Procel Edifica.*

¹ Bacharel em Arquitetura e Urbanismo pela UFPI. Master em arquitetura e iluminação pelo IPOG. E-mail: yandralio@gmail.com.

1. Introdução

A construção civil é responsável pela transformação do meio ambiente natural no espaço urbano construído, isso implica consumo de insumos, mão de obra, água e energia, gerando grande quantidades de resíduos (AGOPYAN; JOHN, 2011). Segundo os autores supracitados, a construção civil é responsável por 40% a 75% do consumo da matéria-prima produzida em todo mundo.

De acordo com o relatório de 2018 produzido pela International Energy Agency (IEA) e pela ONU, a construção de edifícios e suas operações representaram 36% do consumo da energia global e 39% das emissões de dióxido de carbono (CO₂) referentes ao ano de 2017, ver Figura 1. Segundo o relatório, os edifícios e o setor da construção civil possuem os maiores consumos de energia e emissões de CO₂ do mundo, mesmo após a exclusão da energia utilizada para o transporte de materiais de construção para os canteiros de obras (IEA; UN ENVIRONMENT PROGRAMME, 2018).

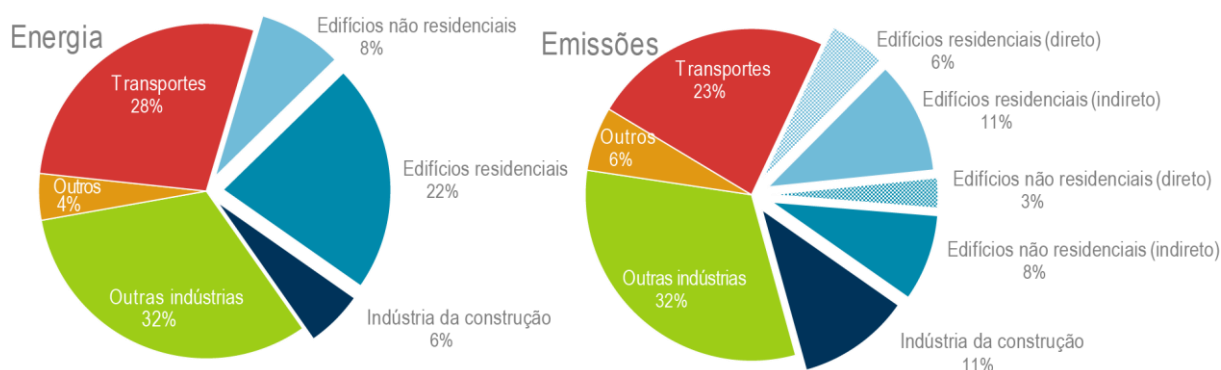


Figura 1 – Quota global de participação dos edifícios e da indústria de construção no consumo energético e na emissão de CO₂ em 2017

Global share of buildings and construction industry in energy consumption and CO₂ emissions in 2017

Fonte: IEA; UN Environment Programme (2018)

E o futuro não é nada animador quando avalia-se as previsões de consumo energético. O 5º Relatório de Avaliação do Clima do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas projeta que a demanda de energia deve quase dobrar por volta da metade do século se o cenário continuar o mesmo dos dias atuais (IPCC, 2014).

Esse aumento de demanda energética, segundo CBIC (2017), é reflexo da mudança do estilo de vida da população, das melhorias na saúde, das condições de moradia e urbanização e do aumento do acesso a serviços como eletricidade e gás.

O Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas estabelece em seu relatório que, à nível global, as edificações devem melhorar seu desempenho energético (por metro quadrado) de 1,5% ao ano na última década para pelo menos 2,5% durante a próxima década até 2025. Dentre as medidas para melhorar este desempenho, o relatório expõe que a regulação de códigos e o estabelecimento de padrões para os edifícios e equipamentos estão entre as políticas mais efetivas (CBIC, 2017).

Segundo relatório da IEA e da ONU (2018), o número de códigos de eficiência energética e certificações ambientais na construção civil cresceu na última década. No ano de 2017, 69 países já possuíam ou desenvolviam códigos de eficiência energética, quando se analisa a quantidade de países que possuem programas de certificação para edificações esse número sobe para 85.

O consumo energético foi um dos primeiros tópicos relacionados à sustentabilidade na construção a ser normatizado em vários países, mesmo antes de se iniciarem as discussões multidisciplinares sobre meio ambiente e sustentabilidade (AGOPYAN; JOHN, 2011). No entanto, embora a busca pela melhora de desempenho nas edificações seja uma tendência mundial, segundo Piccoli et al. (2010), ainda é necessário a evolução de vários fatores, tais quais, a formação e a capacitação profissional e de mão de obra, o estabelecimento de padrões na cadeia de fornecedores, e a aprovação de legislação e normas de eficiência.

Os sistemas de certificação e as normas de eficiência são importantes porque sem a determinação de parâmetros e critérios não há como estabelecer um padrão ou requisitos mínimos para ser considerado sustentável. O estabelecimento de parâmetros por meio de leis e sistemas de certificação ajudam o setor da construção civil a reduzir o uso de energia por meio de projetos passivos, que aproveitam melhor a luz e ventilação natural, a massa térmica, reduzem o ganho de calor solar e utilizam a tecnologia em sistemas de automação.

Por isso é objetivo deste trabalho analisar os parâmetros de eficiência energética adotados no Brasil, com foco na iluminação por ser esta uma parte significativa do consumo energético, “[...] nos setores comercial e público o gasto com iluminação pode chegar a 50% do total de energia consumida (MODESTO, p.25, 2014)”, além desta ser a área da minha especialização. Este artigo propõe-se em comparar a metodologia e os padrões adotados para a iluminação artificial de um sistema de certificação, escolheu-se o Selo Procel, em comparação com os parâmetros lumínicos adotados pela NBR 5410/2004 (Instalações elétricas de baixa tensão), NBR 15575-1/2013 (Edificações Habitacionais — Desempenho), NBR 5413/1992 (Iluminância de interiores) e NBR ISO/CIE 8995-1/2013 (Iluminação de

ambientes de trabalho), normas brasileiras que dispõe sobre iluminação, a fim de discutir a obrigatoriedade destes padrões em projetos particulares e públicos, assim como, comparar seus métodos e padrões para estabelecer o mais energeticamente eficiente.

2. Definições do sistemas de certificação

Certificação ou categorização são processos de caráter voluntário realizados por uma entidade externa e independente, acreditada ou detentora de marca que, após análise do serviço ou produto, emitirá certificado ou selo como resultado do processo de certificação, esta se baseia em auditorias no processo produtivo e em amostras do produto. No cenário da construção civil trata-se da avaliação do empreendimento a fim de garantir a conformidade das suas características e estratégias sustentáveis (BARROS; BASTOS, 2015).

Esses sistemas proporcionam uma escala para se avaliar a incorporação de estratégias sustentáveis em comparação com os prédios de técnicas construtivas mais convencionais. Elas visam melhorar o desempenho energético, o manejo dos resíduos da obra decorrentes do uso do prédio e a melhor inserção da edificação no seu entorno. De acordo com as estratégias e soluções adotadas atribui-se um índice de sustentabilidade à edificação representada por meio do selo ecológico (KELLER; BURKE, 2010).

A certificação é um processo complexo que envolve diferentes etapas até a obtenção do selo. Geralmente as instituições que regem as certificações oferecem diretrizes e instruções para a elaboração e construção do projeto. Após essa etapa, são realizadas avaliações e auditorias a fim de avaliar a conformidade do empreendimento aos critérios avaliativos e às normas de desempenho. Intervenções são feitas para corrigir desconformidades e ao final o órgão certificador emite o selo da certificação para a edificação (NOVIS, 2014).

Os sistemas de avaliação ambiental de edificações analisam principalmente as interações do edifício com o meio ambiente por meio de indicadores como consumo de energia, água, matérias primas e insumos, emissões atmosféricas, ruídos e vibrações, lançamento de efluentes líquidos e produção de resíduos sólidos, e ações preventivas ou corretivas que tenham ou possam ter influência em seu desempenho. Sendo assim, eles avaliam basicamente o funcionamento do edifício e o desempenho da construção (KELLER, BURKE, 2010).

Segundo Cole (2003), o sistema de certificação dos edifícios constitui uma forma de avaliar o seu desempenho ambiental face a um conjunto de critérios explícitos dispendo-se, tipicamente, de três tópicos; uma estrutura avaliativa definida com critérios de desempenho,

uma pontuação a ser atribuída a cada um desses critérios, e um selo que demonstre o desempenho da edificação por meio da pontuação obtida. Estes três pontos são importantes porque sem a determinação de parâmetros não há como estabelecer um padrão ou os requisitos mínimos para uma edificação ser considerada sustentável.

Foi essa demanda por sustentabilidade que despertou o interesse das empresas e da sociedade pela certificação. Embora a obtenção do selo gere um impacto no custo inicial da obra, o projeto sustentável proporciona uma redução dos custos operacionais a médio e longo prazo, além de refletir no aumento da qualidade de vida dos usuários e do meio ambiente. A curto prazo tem-se a valorização do imóvel, agregando-lhe valor de venda (LEITE, 2011).

3. Histórico do sistema de certificação

O surgimento dos sistemas de avaliação ambiental está intimamente relacionado ao desenvolvimento do conceito de sustentabilidade. Segundo explica Agopyan e John (2011), a crise energética resultante do embargo de petróleo pela Opep na década de 1970 incentivou o desenvolvimento de estratégias para a diminuição do consumo de energia dos edifícios, o que impulsionou estudos sobre a arquitetura bioclimática, já que desde 1950 eles tinham necessidades de condicionamento térmico permanente devido às fachadas de cortina de vidro.

De acordo com Pinheiro (2006), o processo de avaliação ambiental dos empreendimentos foi integrado na construção civil de forma sistemática como medida de redução e compensação de impactos ambientais da obra no final da década de 1980, com a função também de valorizar aspectos positivos do projeto e agregar valor.

O aumento das discussões sobre o conceito de sustentabilidade e desenvolvimento sustentável por meio de conferências mundiais de meio ambiente e relatórios publicados a esse respeito (ANDRADE, 2011), principalmente na década de 1990, proporcionou o ambiente perfeito para o surgimento do termo construção sustentável, assim como as orientações para a sua implementação e avaliação (PINHEIRO, 2006).

Foi no início desta década que países da Europa e outros, como Estados Unidos e Canadá, apresentaram as primeiras metodologias de avaliação de construções (ANDRADE, 2011). O BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method), lançado em 1990 no Reino Unido, foi a primeira tentativa de sucesso a estabelecer critérios e metodologia avaliativa para o desempenho dos edifícios (LEITE, 2011).

Após ele seguiram-se outros sistemas de destaque internacional; o LEED

(Leadership in Energy & Environmental Design) nos Estados Unidos em 1994, o HQE (Haute Qualité Environnementale des Bâtiments) na França em 1996, o NABERS (National Australian Buildings Environmental Rating System) na Austrália em 2004, o CASBEE (Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency) no Japão em 2002, dentre tantos outros (LEITE, 2011).

Inicialmente essas iniciativas focavam apenas no questão ambiental, direcionadas para o consumo energético e de materiais, no edifício como objeto arquitetônico. No entanto, com a evolução e a atualização dos sistemas avaliativos foram incluídas, no decorrer das versões, mais critérios e selos de certificação. Assim, hoje, esses selos abrangem não somente a escala do edifício, mas também seu entorno urbano e impactos ambientais na cidade (MEDEIROS, 2013).

4. Certificação de edificações no Brasil

No Brasil, o sistema de avaliação de edificações deu-se inicialmente pela importação de certificações consolidadas em outros países que foram adaptadas para a realidade da construção civil brasileira. Em 2007, o GBC Brasil (Green Building Council Brasil), uma organização não governamental, tornou-se representante do sistema LEED no Brasil, sendo a agência do Banco Santander situada em Cotia-SP a primeira edificação certificada (GBC BRASIL, 2017).

Os projetos que buscam o selo são analisados em 8 áreas, todas possuem pré-requisitos (práticas obrigatórias) e créditos (recomendações), a pontuação é atribuída conforme esses critérios são atendidos ou não, o que garante os níveis: Certificado, Silver, Gold e Platinum (GBC BRASIL, 2014). A medida que a GBC Brasil foi expandindo-se no país foram criadas novas categorias de certificações, estas já mais adaptadas à realidade brasileira em conformidade com a NBR 15.575 e o Procel Edifica (GBC BRASIL, 2017).

Em 2008, a Fundação Vanzolini, instituição sem fins lucrativos, foi a responsável por implantar o processo AQUA (Alta Qualidade Ambiental), hoje AQUA-HQE, uma certificação internacional para construções sustentáveis desenvolvido a partir da certificação francesa Démarche HQE (Haute Qualité Environnementale) (FUNDAÇÃO VANZOLINI, 2015a).

O processo de certificação avalia a edificação em 14 categorias e as classificam nos níveis base, boas práticas ou melhores práticas, no qual o empreendimento deve alcançar no mínimo o desempenho de 7 categorias para atingir o nível BASE. Um diferencial desse sistema de avaliação é a exigência que ele faz de um SGE (Sistema de Gestão do

Empreendimento), que permite o planejamento, a operacionalização e o controle de todas as etapas do projeto em conformidade com o padrão de desempenho definido, tais critérios estão descritos no documento de nome QAE (Qualidade Ambiental do Edifício) (FUNDAÇÃO VANZOLINI, 2015b).

Em 2010, a Caixa Econômica Federal, com a colaboração de três universidades: a Escola Politécnica da USP, Universidade Federal de São Carlos e Universidade Estadual de Campinas, lançou o Selo Casa Azul, um instrumento de classificação socioambiental para projetos habitacionais apresentados ao Banco. O selo possui 3 níveis de gradação, o selo bronze, prata e ouro, com 53 critérios de avaliação, sendo 12 deles obrigatórios para a obtenção do nível bronze (JOHN; PRADO, 2010).

Tais certificações de nível internacional e nacional difundiram o tema no âmbito das cidades. A Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro foi pioneira e criou, em 2011, o Certificado de Qualificação Ambiental Qualiverde destinado aos empreendimentos públicos e privados no Município. Assim como aprovou o Projeto de Lei nº 1.415/ 2012 a fim de estabelecer benefícios fiscais para os empreendimentos que detenham a Qualificação. A adesão à certificação é voluntária e abrange diversas tipologias, novas ou já existentes. O sistema de certificação possui 100 critérios avaliativos, no qual a obtenção de 70 garante a classificação “Qualiverde” e a obtenção de 100 garante a classificação “Qualiverde Total” (FONSECA, 2014).

Dentre outras cidades que também lançaram sistemas de certificações, estão Fortaleza-CE (Certificação Fator Verde), Recife-PE (Selo de Sustentabilidade Ambiental), Belo Horizonte-MG (Selo BH Sustentável), Salvador-BA (IPTU Verde) (PREFEITURA DE FORTALEZA, 2016).

Percebe-se que atualmente o mercado possui variadas opções de certificações, do nível internacional ao local, com critérios abrangentes ou mais específicos, de modo que as especificidades locais e da tipologia arquitetônica possam ser consideradas na elaboração dos parâmetros de cada sistema.

Embora ele não tenha sido inicialmente lançado como um sistema de avaliação de edificações, o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica - PROCEL, instituído em 1985 para combater o desperdício de energia elétrica e promover o seu uso eficiente, teve grande importância na implementação e difusão de ações que visem diminuir o consumo energético e seu impacto ambiental (PROCEL, 2018).

Desde modo, uma das medidas resultantes desse programa foi o PROCEL EDIFICA - Programa Nacional de Eficiência Energética em Edificações, instituído em 2003

para atuar de maneira integrada “[..]com o Ministérios de Minas e Energia, o Ministério das Cidades, as universidades, os centros de pesquisa e entidades das áreas governamental, tecnológica, econômica e de desenvolvimento, além do setor da construção civil (PROCEL, 2006).”

Dentre as principais atividades já realizadas por este programa destacam-se os cursos de capacitação sobre Eficiência energética, o desenvolvimento de softwares, a produção livros e conteúdos sobre o tema, e a criação da Etiqueta PBE Edifica, integrante do Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE), desenvolvida em parceria com o Inmetro (PROCEL, 2014).

A Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) é o Selo de Conformidade que evidencia a eficiência energética do produto ou da edificação, em geral de “A” (mais eficiente) a “E” (menos eficiente), fornecendo também outras informações relevantes sobre o desempenho do produto ou edificação analisada. As etiquetas podem ser obtidas para edificações comerciais, de serviços e públicas, e residenciais (PBE EDIFICA, 2014).

No ramo da construção civil, a ENCE ganhou destaque quando a Instrução Normativa 02/2014 do Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão dispôs sobre a obrigatoriedade da etiquetagem para construções novas e retrofits para os edifícios da Administração Pública Federal, segundo a IN 02/2014:

Art.5º Os projetos de edificações públicas federais novas devem ser desenvolvidos ou contratados visando, obrigatoriamente, à obtenção da ENCE Geral de Projeto classe “A”.

[..]

Art.6º As obras de retrofit devem ser contratadas visando à obtenção da ENCE Parcial da Edificação Construída classe “A” para os sistemas individuais de iluminação e de condicionamento de ar, ressalvados os casos de inviabilidade técnica ou econômica, devidamente justificados, devendo-se, nesse caso, atingir a maior classe de eficiência possível. (BRASIL, 2014)

Assim, desde o ano de 2014, os projetos concorrentes da licitação pública federal devem se adequar ao processo de etiquetagem classe “A” da Etiqueta PBE Edifica, tal medida impulsionou arquitetos e engenheiros do ramo a se qualificarem para continuarem participando dessas licitações.

4.1. O Selo Procel Edificações

Foi em 2014 também que o Programa Procel Edifica, juntamente com a Eletrobrás, lançou o Selo Procel Edificações com o objetivo principal de identificar

edificações eficientes e estimular o mercado consumidor a comercializar e utilizar estes imóveis. Ele é um instrumento de adesão voluntária que pode ser solicitado pelo projetista, construtor ou proprietário da edificação (PROCEL, 2016).

A metodologia de avaliação utilizada é a mesma da Etiqueta PBE Edifica. Assim, as edificações são separadas em dois grupos, comerciais, de serviços e públicas, e residenciais. Os critérios técnicos exigidos para a concessão do selo estão dispostos no “Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos” (RTQ-C), se Edificações Residenciais (RTQ-R), do Programa Brasileiro de Edificações – PBE Edifica. Já a descrição do processo de certificação encontra-se no “Requisitos de Avaliação da Conformidade (RAC) para a Eficiência Energética de Edificações”.

O Selo Procel Edificações é concedido em duas etapas, após a inspeção de projeto, válido até a finalização da obra, e após a inspeção da construção, onde é emitida a ENCE de Edificação Construída (ELETROBRAS/PROCEL, 2013). Após a inspeção realizada pelo Inmetro por meio de um Organismo de Inspeção Acreditado (OIA), a Eletrobrás fica responsável por emitir os selos para a edificação (PROCEL, 2016).

Segundo critério interno da instituição, “preferencialmente a cada quatro anos o Procel promoverá a revisão dos critérios técnicos exigidos para a concessão do Selo Procel Edificações”, contribuindo assim para um processo contínuo de atualização dos padrões técnicos (PROCEL, 2015).

Nos edifícios comerciais, de serviços e públicos são avaliados três sistemas: envoltória, iluminação e condicionamento de ar (ELETROBRAS/PROCEL, 2017). Nas Unidades Habitacionais são avaliados: a envoltória, o sistema de aquecimento de água e eventuais bonificações, caso a unidade seja multifamiliar, também são considerados a eficiência do sistema de iluminação artificial, dos elevadores, das bombas centrífugas, e outros equipamentos (BRASIL, 2012).

Segundo dados da Eletrobras, até 2017, já foram concedidos 16 selos Procel Edificações para a etapa de projeto e 29 para edificações construídas. Quanto à concessão da Ence, já foram emitidas 214 para edificações comerciais, de serviços e públicas, sendo 91 para edificações construídas, e 4.822 para edificações residenciais, sendo 2.282 referentes às edificações construídas (ELETROBRAS, 2018).

5. Parâmetros de iluminação artificial do Selo Procel Edificações

Os critérios técnicos do selo estão dispostos nos “Regulamentos Técnicos da

Qualidade”, um dispõe sobre os Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C), e o outro sobre as Edificações Residenciais (RTQ-R). Esses documentos contêm os métodos de cálculo e como eles devem ser aplicados durante a fase de projeto e construção.

Cada Regulamento Técnico contém critérios avaliativos adaptados a tipologia de projeto ao qual se refere. Para as Edificações Residenciais, é considerado a eficiência do sistema de iluminação artificial como bonificação, sendo independente dos outros critérios e podendo ser parcialmente alcançada (BRASIL, 2012).

Assim, os critérios para pontuação são mais simplificados e o RTQ-R exige, somente, que as UHs (Unidades Habitacionais) devam possuir “[...] 50% das fontes de iluminação artificial com eficiência superior a 75lm/W ou com Selo Procel em todos os ambientes (BRASIL, p.103, 2012)” para obter 0,05 pontos. Para obter 0,10 pontos, 100% das fontes de iluminação devem possuir a eficiência indicada. Dentro dos parâmetros do Selo Procel, a edificação que atingir pontuação igual ou superior a 4,5 pontos é certificada com o nível de eficiência A.

Ao analisarmos o RTQ-C, vemos que ele adota metodologia mais complexa para determinar a eficiência energética quando comparado ao RTQ-R. Para os Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos são exigidos desde pré-requisitos, como divisão dos circuitos, à métodos de avaliação do sistema (ELETROBRAS/PROCEL, 2017).

Assim, primeiramente, para classificação do sistema de iluminação, dependendo do nível de eficiência que a edificação pretenda obter, esta deverá atender os pré-requisitos estabelecidos pelo RTQ-C dispostos na Tabela abaixo.

Pré-requisito	Nível A	Nível B	Nível C
4.1.1 Divisão dos circuitos	Sim	Sim	Sim
4.1.2 Contribuição da luz natural	Sim	Sim	
4.1.3 Desligamento automático do sistema de iluminação	Sim		

Tabela 1 - Relação entre pré-requisitos e níveis de eficiência.

Relation between prerequisites and efficiency levels.

Fonte: Eletrobrás/Procel (2017)

Estes pré-requisitos estão condicionados também à metragem do ambiente, por isso o RTQ-C deve ser consultado para maiores detalhamentos.

Para determinar o nível de eficiência energética do sistema de iluminação, que varia de A (mais eficiente) à E (menos eficiente), o RTQ-C prevê duas metodologias de avaliação, o método da área do edifício e o método das atividades do edifício. Em ambos

devem ser excluídos do cálculo de potência instalada os sistemas que forem complementares à iluminação geral e com controle independente, por exemplo, iluminação de destaque, iluminação contida ou parte integrante de equipamentos ou instrumentos, sinais indicando saída e luzes de emergência; entre outros (ELETROBRAS/PROCEL, 2017).

O método da área da edificação avalia a iluminação como um todo e deve ser aplicado quando a edificação possuir no máximo 3 usos ou quando estes ocuparem mais de 30% da área do edifício. Segundo o Regulamento Técnicos de Qualidade ELETROBRAS/PROCEL (2017), a avaliação deve seguir as seguintes etapas:

- a. Identificar a atividade principal do edifício, de acordo com a Tabela, e a densidade de potência de iluminação limite (DPIL – W/m²) para cada nível de eficiência;
- b. determinar a área iluminada do edifício;
- c. multiplicar a área iluminada pela DPIL, para encontrar a potência limite do edifício;
- d. quando o edifício for caracterizado por até três atividades principais determina-se a densidade de potência de iluminação limite (DPIL) para cada atividade e a área iluminada para cada uma. A potência limite para o edifício será a soma das potências limites para cada atividade do edifício;
Obs.: a verificação do nível de eficiência será feita através da potência total instalada no edifício, e não por atividade.
- e. comparar a potência total instalada no edifício e a potência limite para determinar o nível de eficiência do sistema de iluminação;
- f. após determinar o nível de eficiência alcançado pelo edifício deve-se verificar o atendimento dos pré-requisitos em todos os ambientes;
- g. se existirem ambientes que não atendam aos pré-requisitos, o EqNum (equivalente numérico) deverá ser corrigido através da ponderação entre os níveis de eficiência e potência instalada dos ambientes que não atenderam aos pré-requisitos e a potência instalada e o nível de eficiência encontrado para o sistema de iluminação (ELETROBRAS/PROCEL, p. 129-130, 2017).

Função da edificação	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

Tabela 2 - Limite máximo aceitável de densidade de potência de iluminação (DPIL) –

Método da área da edificação
*Maximum acceptable power density limit -
 Building Area Method*
 Fonte: Adaptado de Eletrobrás/Procel (2017)

A Tabela 2 apresenta a densidade de potência de iluminação limite para cada atividade, esse valor deve ser multiplicado pela área do ambiente para que seja encontrada a potência limite do edifício em cada nível de eficiência do selo, esses valores são comparados com a potência total instalada em iluminação no edifício para se determinar o nível de eficiência de A à E.

Já o método das atividades deve ser utilizado quando o método da área não for aplicável. Ele avalia cada ambiente do edifício de forma individual, e pode proporcionar uma bonificação na pontuação devido o aumento da densidade de potência limite (DPIL) em função do espaço dos ambientes. Segundo o Regulamento Técnico de Qualidade, Eletrobrás/Procel (2017), a avaliação deve seguir as seguintes etapas:

- a. Identificar adequadamente as atividades encontradas no edifício, de acordo com a Tabela;
- b. Consultar a densidade de potência de iluminação limite (DPIL – W/m²) para cada nível de eficiência para cada uma das atividades, na Tabela;
- c. Multiplicar a área iluminada de cada atividade pela DPIL, para encontrar a potência limite para cada atividade. A potência limite para o edifício será a soma das potências limites das atividades;
- d. Calcular a potência instalada no edifício e compará-la com a potência limite do edifício, identificando o EqNum (equivalente numérico) do sistema de iluminação;
- e. Se existirem ambientes que não atendam aos pré-requisitos, o EqNum (equivalente numérico) deverá ser corrigido através da ponderação entre os níveis de eficiência e potência instalada dos ambientes que não atenderam aos pré-requisitos e a potência instalada e o nível de eficiência encontrado para o sistema de iluminação.

Obs.: Opcionalmente, ambientes que possuam o índice de ambiente (K) menor que o definido na Tabela, ou Room Cavity Ratio (RCR) maior que o da Tabela podem ter um aumento em 20% na densidade de potência de iluminação limite (DPIL). Este aumento de potência poderá ser utilizado apenas por este ambiente, que deve ser avaliado individualmente, não sendo computado na potência limite para o edifício.

$$K = \frac{A_t + A_{pt}}{A_p}$$

Onde:

K: índice de ambiente (adimensional);

At: Área de teto (m²);

Apt: Área do plano de trabalho (m²);

Ap: Área de parede entre o plano iluminante e plano de trabalho (m²);

$$RCR = \frac{2,5 \times H_p \times P}{A}$$

Onde:

RCR: Room Cavity Ratio (adimensional);

H_p: Altura de parede, considerar altura entre o plano iluminante e o plano de trabalho (m²);

P: Perímetro do ambiente (m²);

A: Área do ambiente (m²);

Quando existirem ambientes que utilizem este recurso (K/RCR), o EqNum será encontrado através da ponderação dos equivalentes numéricos destes ambientes e do edifício por suas potências.

(ELETROBRAS/PROCEL, p. 134-135, 2017).

Ambientes/Atividades	Limite do Ambiente		DPI _L Nivel A (W/m ²)	DPI _L Nivel B (W/m ²)	DPI _L Nivel C (W/m ²)	DPI _L Nivel 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
Átrio - por metro de altura						
até 12,20 m de altura	-	-	0,30 ¹	0,36 ²	0,42 ²	0,48 ²
acima de 12,20 m de altura	-	-	0,20 ²	0,24 ²	0,28 ²	0,32 ²
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

Tabela 3 - Limite máximo aceitável de densidade de potência de iluminação (DPIL) – Método das atividades da edificação

Maximum acceptable lighting power density limit - Building Activities Method

Fonte: Adaptado de Eletrobrás/Procel (2017)

Em comparação com o método das áreas, o método das atividades apresenta o índice de ambiente (K) e o Room Cavity Ratio (RCR), que são índices adimensionais em função da área do ambiente, do plano iluminante e do plano de trabalho, utilizados para aumentar em 20% a densidade de potência de iluminação limite (DPIL), caso o cálculo do K

resulte em número menor que o definido na Tabela 3, ou o RCR resulte maior que o da tabela e o projetista julgue necessário. Mas a principal diferença entre os dois métodos é que neste a densidade de potência de iluminação limite (DPIL) é multiplicada pela área de cada ambiente, o resultado de cada espaço é somado para se determinar a potência limite do conjunto, podendo ser somados mais de três atividades, o que não é permitido naquele.

Percebe-se por esses dois métodos de avaliação de iluminação artificial presentes no RTQ-C que o Selo Procel analisa a potência energética instalada na edificação, ou prevista no projeto, com os padrões estabelecidos na tabela do regulamento. Após o cálculo, as duas potências são comparadas e é determinado o nível energético do edifício.

6. Parâmetros das normas brasileiras de iluminação

A ABNT é uma entidade privada sem fins lucrativos, reconhecida como de utilidade pública pela Lei 4.150, de 21 de novembro de 1962, ela é responsável pela elaboração das Normas Brasileiras (NBR). A norma, segundo a ABNT (2014), é o documento “[...]que fornece regras, diretrizes ou características mínimas para atividades ou para seus resultados, visando à obtenção de um grau ótimo de ordenação em um dado contexto.”

A norma é de uso voluntário, no entanto há casos em que seu uso é obrigatório por lei, por exemplo, o Código de Defesa do Consumidor, em seu art. 39, VII, veda expressamente o fornecedor de produtos e serviços;

VIII - Colocar, no mercado de consumo, qualquer produto ou serviço em desacordo com as normas expedidas pelos órgãos oficiais competentes ou, se normas específicas não existirem, pela Associação Brasileira de normas técnicas ou outra entidade credenciada pelo Conselho Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial – Conmetro (BRASIL, 1990).

Segundo Battagin (2014), quando não existir regulamentação técnica específica sobre um produto ou serviço, a ABNT, se for a única entidade reconhecida pelo CONMETRO de avaliação para o item a ser averiguado, será referência para atestar a qualidade deste quando comercializado no País. Assim, no ramo da construção civil, muitas NBRs são obrigatórias por serem as únicas disposições normativas que versam a respeito do tema. Todas as normas apresentadas a seguir são de uso obrigatório em projetos públicos e privados comercializados no Brasil.

Ao se realizar o levantamento das normas brasileiras que dispõem sobre padrões de eficiência energética na iluminação não é possível obter-se nenhuma que traga parâmetros específicos de consumo energético. No entanto, a NBR 5410/2008 (Instalações elétricas de

baixa tensão), a NBR 15575-1/2013 (Edificações Habitacionais — Desempenho), a NBR 5413/1992 (Iluminância de interiores) e a NBR ISO/CIE 8995-1/2013 (Iluminação de ambientes de trabalho) dispõem sobre padrões de potência mínima e iluminância que serão abordados adiante para fins de comparação com o Selo Procel.

A NBR 5410/2004 se aplica a instalações elétricas de baixa tensão e estabelece em seu texto que as cargas de iluminação utilizadas no projeto devem ser determinadas como resultado da aplicação da NBR 5413/1992 (Iluminância de interiores). Porém, como alternativa a aplicação desta norma, a NBR 5410/2004 dispõe o critério:

- a) em cômodos ou dependências com área igual ou inferior a 6 m², deve ser prevista uma carga mínima de 100 VA;
- b) em cômodo ou dependências com área superior a 6 m², deve ser prevista uma carga mínima de 100 VA para os primeiros 6 m², acrescida de 60 VA para cada aumento de 4 m² inteiros (ABNT, p.183, 2004).

Esses valores atribuídos na norma são a potência nominal mínima adotada para o dimensionamento dos circuitos, dada em volt ampères (VA), sem nexos com a potência consumida pelas lâmpadas ou iluminância, logo, sem relação com o cálculo de eficiência energética.

A NBR 5413/1992 (Iluminância de interiores) supracitada aborda os padrões mínimos de iluminância em ambientes internos de acordo com a atividade desenvolvida no local, assim como a NBR ISO/CIE 8995-1/2013 (Iluminação de ambientes de trabalho), no entanto esta é específica para ambientes de trabalho e apresenta outros parâmetros a serem considerados: distribuição da luminância, ofuscamento, direcionalidade da luz, aspectos da cor da luz e superfícies, cintilação, luz natural e manutenção (ABNT, 2013).

Tais parâmetros condicionam o conforto visual, que não possui relação direta com a eficiência energética do edifício, pois a própria norma estabelece que não se pode “[...] comprometer os aspectos visuais de uma instalação de iluminação simplesmente para reduzir o consumo de energia (ABNT, p.10, 2013).”

Por fim tem-se a NBR 15575-1/2013, que dispõe sobre o desempenho dos edifícios habitacionais abordando o desempenho das estruturas e dos sistemas, entre eles o desempenho lumínico. Contudo, a norma apenas destaca os valores mínimos de iluminância da NBR 5413/1992 (Iluminância de interiores) referentes aos ambientes habitacionais, não trazendo parâmetros sobre eficiência energética.

7. Conclusão

Conforme exposto, a adoção de sistemas de certificação ambiental tem crescido mundialmente nas últimas décadas. Visto que o estabelecimento de padrões para os edifícios e equipamentos estão entre as políticas mais efetivas para a melhora do desempenho energético das construções, seu estudo é essencial para a elaboração de soluções para o problema global de consumo energético no setor de construção civil.

No Brasil, embora o Selo Procel Edifica não tenha sido a primeira certificação implantada no país, ela foi pioneira em desenvolver critérios nacionais de avaliação de eficiência energética, tanto que hoje certificações como o selo Aqua-HQE, a certificação LEED GBC Brasil Casa e o Selo Azul da Caixa seguem os parâmetros do Regulamento Técnicos de Qualidade (RTQ-C).

Após a comparação do Selo Procel Edifica com as normas brasileiras que discorrem sobre iluminação artificial percebe-se que nenhuma destas normas apresenta parâmetros relacionados à eficiência energética, elas abordam apenas condicionantes que influenciam no conforto visual das edificações.

Deste modo, devido a lei nº 10.295/2001, que dispõe sobre a Política nacional de conservação e uso racional de energia e possibilitou a criação da Etiqueta PBE Edifica e do Selo Procel, elas são, atualmente, as únicas regulamentações a nível nacional que apresentam cálculos e parâmetros de eficiência energética relacionados ao sistema de iluminação artificial, sendo a etiqueta obrigatória para as construções e retrofits em edifícios públicos da Administração Pública Federal; o selo é de adesão voluntária para obras públicas e particulares.

Assim, os métodos abordados na Etiqueta PBE Edifica e no Selo Procel representam hoje os parâmetros mais atualizados e condizentes com a realidade brasileira para análise do desempenho energético do sistema de iluminação artificial das edificações do país.

Referências

ABNT, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575-1:** Edificações Habitacionais — Desempenho. Parte 1: requisitos gerais. Rio de Janeiro, 2013.

ABNT, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5410:** instalações elétricas de baixa tensão. Rio de Janeiro, 2004. 209p.

ABNT, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Normalização.** 2014. Disponível em: <<http://www.abnt.org.br/normalizacao/o-que-e/o-que-e>>. Acesso em 15 de nov. 2019.

AGOPYAN, Vahan; JOHN, Vanderley M. **O desafio da sustentabilidade na construção civil**. São Paulo: Blucher, 2011, 144 p.

ANDRADE, E. M. N. **Sustentabilidade em áreas urbanas**: análise do sistema viário do campus sede da UFMT. 2011. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Arquitetura, Engenharia e Tecnologia, Universidade Federal do Mato Grosso, Cuiabá.

BARROS, Mariana Chaves; BASTOS, Nathalia Flinkas de Argollo. **Edificações sustentáveis e certificações ambientais**: análise do selo qualiverde. 2015. Projeto de Graduação (Bacharelado em Engenharia Ambiental) – Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro.

BATTAGIN. Inês Laranjeira da Silva. **Norma não é lei, mas por força da lei é obrigatória**. 2014. Disponível em: <<http://www.crea-sc.org.br/portal/index.php?cmd=artigos-detalle&id=3077#.XT3fOubQiM9>>. Acesso em 10 de nov. 2019.

BRASIL. Lei nº. 8.078, de 11 de setembro de 1990. **Código de Defesa do Consumidor**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/18078.html>. Acesso em 15 de nov. 2019.

BRASIL. **Instrução normativa nº 2**, de 04 de junho de 2014. Disponível em: <<https://www.comprasgovernamentais.gov.br/index.php/legislacao/instrucoes-normativas/304-instrucao-normativa-n-2-de-04-de-junho-de-2014>>. Acesso em 04 de dez. 2019.

BRASIL - Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. **Portaria nº 18**, de 16 de janeiro de 2012. Disponível em: <<http://www.procelinfo.com.br/main.asp?View={02A05065-372B-4133-B054-4369D8F37B3F}#1>>. Acesso em 10 de nov. 2019.

CBIC - Câmara Brasileira da Indústria da Construção. **Energia nas construções**: uma contribuição do setor à redução de emissões e de uso de fontes renováveis de energia. 2017. Disponível em: <https://cbic.org.br/wp-content/uploads/2017/11/Energia_na_Construcao_2017-1.pdf>. Acesso em 15 de nov. 2019.

COLE, Raymond J. Building environmental assessment methods: a measure of success. **The Future of Sustainable Construction**, p. 8-22, mai/2003. Disponível em: <<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download;jsessionid=8DC5D7A18166C35E81E93513726D639C?doi=10.1.1.486.5674&rep=rep1&type=pdf>>. Acesso em 01 de nov. 2019.

ELETOBRAS/PROCEL. **Manual para aplicação do RAC**. 2013. Disponível em: <<http://www.procelinfo.com.br/main.asp?View={02A05065-372B-4133-B054-4369D8F37B3F}#1>>. Acesso em 10 de nov. 2019.

ELETOBRAS/PROCEL. **Manual para aplicação do RTQ-C**. 2017. Disponível em: <<http://www.procelinfo.com.br/main.asp?View={02A05065-372B-4133-B054-4369D8F37B3F}#1>>. Acesso em 10 de nov. 2019.

ELETOBRAS. **Resultados Procel 2018**: ano base 2017. 2018. 60p. Disponível em:

<<http://www.procelinfo.com.br/main.asp?View=%7B5A08CAF0-06D1-4FFE-B335-95D83F8DFB98%7D&Team=¶ms=itemID=%7B7F74A07B-4402-45EB-82EA-142111AD95A4%7D;&UIPartUID=%7B05734935-6950-4E3F-A182-629352E9EB18%7D>>. Acesso em 10 de nov. 2019.

FONSECA, Miguel Luiz Moreira da. **Contribuições dos certificados Leed, Aqua (H.Q.E.) e Breeam para a qualificação Qualiverde em edificações sustentáveis na cidade do Rio de Janeiro**. 2014. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Engenharia Civil, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

FUNDAÇÃO VANZOLINI. **Certificação AQUA-HQE**. 2015a. Disponível em: <<https://vanzolini.org.br/aqua/certificacao-aqua-hqe/>>. Acesso em 01 de nov. 2019.

FUNDAÇÃO VANZOLINI. **Certificação AQUA-HQE em detalhes**. 2015b. Disponível em: <<https://vanzolini.org.br/aqua/certificacao-aqua-em-detalhes/>>. Acesso em 01 de nov. 2019.

GBC BRASIL. 10 anos certificações LEED no Brasil 2017. **Anuário GBC**, VIB Editora, São Paulo, ano. 4, n.14, 2017.

GBC BRASIL. **Certificação LEED**. 2014. Disponível em: <<http://www.gbcbrasil.org.br/sobre-certificado.php#prettyPhoto>>. Acesso em 04 de nov. 2019.

IEA; UN ENVIRONMENT PROGRAMME. **Global Status Report: towards a zero-emission, efficient and resilient buildings and construction sector**. 2018. Disponível em: <<https://www.globalabc.org/uploads/media/default/0001/01/0bf694744862cf96252d4a402e1255fb6b79225e.pdf>>. Acesso em 15 de nov. 2019.

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change. **Climate Change 2014: mitigation of climate change**. Reino Unido e Nova Iorque: Cambridge University, 2014. Disponível em: <<https://www.ipcc.ch/report/ar5/wg3/>>. Acesso em 15 de nov. 2019.

JOHN, Vanderley M.; PRADO, Racine T. A. (Coord). **Boas práticas para habitação mais sustentável**. São Paulo: Páginas & Letras - Editora e Gráfica, 2010, 204p. Disponível em: <http://www.cbcs.org.br/userfiles/download/Guia_Selo_Casa_Azul_CAIXA.pdf>. Acesso em 01 de dez. 2019.

KEELER, Marian; BURKE, Bill. **Fundamentos de projeto de edificações sustentáveis**. Porto Alegre: Bookman, 2010, 362 p.

LEITE, Vinicius Fares. **Certificação ambiental na construção civil: Sistemas LEED e AQUA**. 2011. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Civil) - Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

MEDEIROS, Ygor Moreira. **A Contribuição das certificações como instrumentos voluntários para a avaliação da sustentabilidade de projetos urbanos**. 2013. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

MODESTO, A. L. N.. **Avaliação do consumo energético de sistemas de iluminação utilizando lâmpadas fluorescentes e LED**. 2014. 106 p. Trabalho

de Conclusão de Curso (Graduação). Bacharelado em Engenharia Elétrica – Universidade Estadual de Londrina.

NOVIS, Luiz E. M. **Estudos dos indicadores ambientais na construção civil:** estudo de caso em 4 construtoras. 2014. 95 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

PBE EDIFICA (Programa Brasileiro de Etiquetagem). **O que é a etiqueta PBE Edifica?** 2014. Disponível em: <<http://pbeedifica.com.br/conhecendo-pbe-edifica>>. Acesso em 04 de nov. 2019.

PICCOLI, R. et al. A certificação de desempenho ambiental de prédios: exigências usuais e novas atividades na gestão da construção. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 10, n. 3, p. 69-79, jul./set. 2010. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ac/v10n3/a05.pdf>>. Acesso em 15 de nov. 2019.

PINHEIRO, Manuel Duarte. **Ambiente e construção sustentável**. Zambujal: Instituto do Ambiente, 2006, 240p.

PREFEITURA DE FORTALEZA. **Certificação Fator Verde Fortaleza**. 2016. Disponível em: <https://urbanismoemeioambiente.fortaleza.ce.gov.br/images/urbanismo-e-meio-ambiente/manuais/manual_digital_fator_verde.pdf>. Acesso em 04 de nov. 2019.

PROCEL. **O programa**. 2018. Disponível em: <<http://www.procelinfo.com.br/main.asp?TeamID=%7B921E566A-536B-4582-AEAF-7D6CD1DF1AFD%7D>>. Acesso em 04 de nov. 2019.

PROCEL. **Procel Edifica: Edificações**. 2014. Disponível em: <<http://www.procelinfo.com.br/resultadosprocel2014/procel-edificacoes.pdf>>. Acesso em 04 de nov. 2019.

PROCEL. **Procel Edifica: Eficiência energética nas edificações**. 2006. Disponível em: <<http://www.procelinfo.com.br/data/Pages/LUMIS623FE2A5ITEMIDC46E0FFDBD124A0197D2587926254722LUMISADMIN1PTBRIE.html>>. Acesso em 04 de nov. 2019.

PROCEL. **Regulamento para concessão do Selo Procel de Economia de Energia para Edificações**. 2015. Disponível em: <<http://www.procelinfo.com.br/main.asp?View={02A05065-372B-4133-B054-4369D8F37B3F}#1>>. Acesso em 04 de nov. 2019.

PROCEL. **Selo Procel Edificações**. 2016. Disponível em: <<http://www.procelinfo.com.br/main.asp?View={8E03DCDE-FAE6-470C-90CB-922E4DD0542C}>>. Acesso em 04 de nov. 2019.