

ANÁLISE DE CERTIFICAÇÃO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES COMERCIAIS

Marcelo Ludvich⁽¹⁾;Alexandre Rasi Aoki⁽²⁾

(1) Mestrado Profissional em Desenvolvimento de Tecnologia - Institutos Lactec, e-mail:
marceloludvich@yahoo.com.br

(2) Institutos Lactec, e-mail: aoki@lactec.org.br

RESUMO

O aumento constante da demanda do mercado requer a implantação imediata de ações governamentais e da sociedade para contenção do uso intenso da energia elétrica. Em setores importantes da economia como a construção civil, a redução dos impactos no meio ambiente está ligada diretamente com os processos construtivos das edificações, pois estes possibilitam a gestão eficaz no consumo dos recursos naturais. Por meio de medidas voltadas à economia de energia, os selos e as certificações ambientais surgem como alternativas para viabilizar a qualificação de prédios sustentáveis no mercado nacional. Embora apresentem características distintas entre si, a certificação LEED CI e o selo PBE Edifica estão diretamente relacionados ao desempenho energético das edificações. O objetivo geral deste trabalho é o de estabelecer as dimensões para análise comparativa do uso da energia entre a Certificação LEED CI e o Selo PBE Edifica em prédios comerciais. A estratégia adotada envolve os métodos de pesquisa bibliográfica e estudo de caso. No escopo foram mapeadas as lacunas, similaridades e os requisitos técnicos de cada processo de certificação a fim de simular o desempenho energético de dois modelos de edificações: Restaurante e Mercado. Aplicaram-se então cálculos adaptados de ambas as normas para determinar os valores de referência dos investimentos necessários e avaliar a viabilidade técnica e econômica das soluções estudadas de eficientização de iluminação e condicionamento de ar. No final, simulações demonstraram que a Certificação LEED CI prolonga a vida útil dos sistemas e é mais eficiente energeticamente em relação ao Selo PBE Edifica, no entanto, o Selo PBE Edifica proporciona melhores condições para implantação por estar baseada em normas brasileiras.

Palavras-chave: Sustentabilidade. PBE Edifica. Certificação LEED CI. Eficiência Energética.

ABSTRACT

The often increase of the market demand requires the immediate implementation of social and governmental actions aiming to hold the use of the electrical energy. On important fields of the economy, as the civil construction, the reductions of impacts to the environments is directed linked with the buildings construction processes since they allow the natural resources consume effective management. By measures related to the energy saving, the seals and the environmental certifications rise as alternatives to enable the qualification of the sustainable buildings on the national market. Despite present different characteristics, the LEED CI certification and PBE Edifica establish the comparative dimensional analysis regarding the use of energy between the LEED CI certification and the PBE Edifica seal in commercial buildings. The defined strategy used is based on requirements of both alternatives aiming to simulate the energetic performance of a two buildings adapted calculus of both certification process to determine the required investment reference values and to evaluate the economic and technical viability of the studied solutions of efficient illumination and air conditioning. At the end, the simulations showed that LEED CI extends the life of systems and is more efficient energy compared to the PBE Edifica which provides better conditions to deployment because it's based on Brazilian standards.

Key words: Sustainability. PBE Edifica. LEED CI Certification. Energy Efficiency.

1. INTRODUÇÃO

Fatores como a escassez de chuva e a falta de investimentos na geração e distribuição de energia são atrelados à crise no abastecimento energético, bem como este problema é acentuado pelo desperdício no consumo deste recurso na construção civil e, posteriormente, no uso das edificações comerciais.

Da energia elétrica consumida no Brasil, 44,7% é utilizada em prédios comerciais e públicos. Os dados publicados no relatório da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) de 2012 indicam que o consumo de energia para uso comercial aumentou 4% em comparação ao índice acumulado do ano anterior.

O aumento constante da demanda no setor requer a implantação imediata de medidas que estimulem a eficiência energética. Dados do Balanço Energético Nacional de 2013 sugerem que houve um aumento de 3,8% do consumo final de eletricidade, o que significa que o crescimento da energia disponibilizada se mantém inferior à sua demanda.

Em resposta à busca de soluções reparadoras aos impactos causados pela construção civil no meio ambiente, as medidas de cautela, como as alternativas para uso da iluminação e do condicionamento de ar, têm como alvo inicial as novas edificações, partindo-se sistematicamente do esboço, projeto e execução, até chegar à conclusão da obra como um todo.

A aplicação de métodos para qualificar ambientalmente um empreendimento durante o seu ciclo de vida é crucial para comprovar que os pressupostos da construção sustentável foram seguidos. São diversas as metodologias desenvolvidas para avaliação da sustentabilidade e a redução do dispêndio energético como o PBE Edifica, Casa Azul Caixa, Certificação LEED, BREEAM e a Certificação AQUA.

Provenientes de países e culturas distintas, porém, focados em soluções às problemáticas apontadas pelo tema sustentabilidade dentro da construção civil, conforto ambiental e redução de impactos ambientais, a Certificação LEED CI e o selo PBE Edifica surgem como alternativas e ferramentas relevantes, no que se refere à qualificação de edificações sustentáveis.

Utilizando-se do método de estudo de caso, este artigo visa identificar as lacunas e as similaridades entre a Certificação LEED e o Selo PBE Edifica do ponto de vista da eficiência energética e estabelecer uma análise comparativa da aplicação das normas em edificações comerciais.

Este artigo está organizado conforme: a segunda seção aborda a eficiência energética inseridas no conceito de sustentabilidade e dos programas de certificação ambiental LEED e o Selo PBE Edifica; a terceira seção elucida a metodologia do regulamento das certificações LEED CI e do Selo PBE Edifica, além de descrever os materiais e meios utilizados para análise comparativa entre as normas; a quarta seção propõe um aprofundamento da discussão sobre o tema de estudo, indicando as lacunas e as similaridades entre as certificações LEED CI e PBE Edifica, do ponto de vista da eficiência energética, bem como apresenta o estudo de caso em dois tipos de edificações comerciais – restaurante e mercado; e por fim, na quinta seção apresentam-se as conclusões deste trabalho.

2. EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E PROGRAMAS DE CERTIFICAÇÃO DE EDIFICAÇÕES

2.1 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

O Ministério de Minas e Energia considera que “a eficiência energética consiste da relação entre a quantidade de energia empregada em uma atividade e aquela disponibilizada para sua realização”, ou seja, a eficiência energética está associada à quantidade efetiva de energia utilizada e não a um mínimo necessário, sendo definida pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE, 2014) como:

$$Eficiência Energética = \frac{Bem\ Produzido\ ou\ Serviço\ Realizado}{Quantidade\ de\ Energia\ Final\ Utilizada} \quad (1)$$

Além dos aspectos pertinentes à patologia da edificação, o consumo da energia está relacionado a outros fatores como a localização, ocupação, uso comercial da edificação e a quantidade de horas utilizadas dos sistemas de iluminação e de ar condicionado. O uso da energia será eficiente na medida em que estes fatores sejam harmonizados no projeto e executados no processo construtivo com técnicas e métodos sustentáveis.

2.2 PBE EDIFICA – PROGRAMA BRASILEIRO DE ETIQUETAGEM

O PBE Edifica foi instituído em 2003 e é resultado da parceria entre a Eletrobrás-PROCEL e o INMETRO. As etiquetas de eficiência energética que fazem parte do Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE) são voluntárias e destinadas a edifícios comerciais e de serviços públicos, objetivando conscientização e redução do consumo elétrico a partir de ações simples como iluminação e ventilação natural.

A obtenção da etiqueta certificadora é o resultado de uma categorização dos edifícios através da determinação da eficiência de três sistemas: Envoltória, Iluminação e Condicionamento de ar. No RTQ-C (Requisitos Técnicos da Qualidade, 2009), esses três itens, em conjunto com as bonificações, são combinados na equação geral de classificação do nível de eficiência do edifício:

$$\begin{aligned} PT &= PesoEnv \left\{ \left(EqNumEnv \cdot \frac{AC}{AU} \right) + \left(\frac{APT}{AU} \cdot 5 + \frac{ANC}{AU} \cdot EqNumV \right) \right\} + PesoIllum(EqnumDPI + \\ &PesoCA \left\{ \left(EqNumCA \cdot \frac{AC}{AU} \right) + \left(\frac{APT}{AU} \cdot 5 + \frac{ANC}{AU} \cdot EqNumV \right) \right\} + b_0^1 \end{aligned} \quad (2)$$

Onde:

PT = Pontuação Total alcançada pelo edifício

PesoEnv = Peso do sistema da Envoltória

EqNumEnV = Equivalente Numérico da Envoltória, ou seja, demonstra o número representativo da eficiência da envoltória

AC = Ar Condicionado

AU = Área Útil da edificação

APT = Área Útil dos ambientes de permanência Transitória

5 = Equivalente numérico ao nível de eficiência A

ANC = Área útil dos ambientes Não Condicionados de permanência prolongada

EqNumV = Equivalente Numérico dos ambientes Ventilados naturalmente, ou seja, demonstra o número representativo da Densidade de Potência de Iluminação

Peso Ilum = Peso do sistema de Iluminação

EqNumDPI = Equivalente Numérico dos ambientes Ventilados naturalmente, ou seja, demonstra o número representativo da eficiência da ventilação natural

PesoCA = Peso do sistema de Ar Condicionado

EqNumCA = Equivalente Numérico do Ar Condicionado, ou seja, demonstra o número representativo da eficiência do sistema de ar condicionado

b = Bonificações obtidas cujo valores variam entre 0 e 1

O RTQ-C é um manual desenvolvido pelo Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE) em 2009 para garantir o atendimento aos Requisitos Técnicos da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos. O documento contém as condições necessárias para classificar a eficiência energética das edificações em uma escala de cinco níveis, onde A é concedido para o melhor desempenho energético e E para o pior.

A ENCE ilustrada pela FIGURA 1 é o selo de conformidade concedido para as edificações que receberem classificação A nos três sistemas (envoltória, iluminação e condicionamento de ar) e que comprovem que foram concebidas de forma eficiente desde a fase do projeto até a finalização da obra.

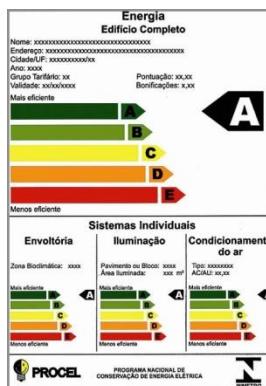


FIGURA 1 - CLASSIFICAÇÃO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA PBE EDIFICA

FONTE: PBE Edifica (2009)

A norma atribui pesos para cada sistema medido, sendo: envoltória = 30%; sistemas de iluminação = 30%; sistemas de condicionamento de ar = 40%; e bonificações. As bonificações são pontuações complementares que podem ser obtidas pela economia de água, pelo uso de fontes alternativas ou inovações tecnológicas que contribuam para a eficiência energética.

A emissão do selo é feita pela Eletrobrás após a avaliação de um Organismo de Inspeção Acreditado (OIA) pelo INMETRO, com escopo de Eficiência Energética em Edificações que verifica se as características dos projetos das edificações comerciais contempladas permanecem válidas após a construção ter sido concluída.

O PROCEL Edifica presume um equilíbrio do dispêndio de 50% para as novas edificações e de 30% em reformas adequadas dentro dos conceitos de eficiência energética em edificações.

2.3 CERTIFICAÇÃO LEED – *LEADERSHIP IN ENERGY AND ENVIRONMENTAL DESIGN*

Em 2007, no Brasil, foi criado o *Green Building Council* Brasil (GBC) para atuar como a entidade responsável pela tropicalização da Certificação LEED no país. A certificação LEED é reconhecida como a mais abrangente e com maior aceitação no Brasil, apoiada não apenas na sustentabilidade, mas fortemente concentrada no conforto ambiental. Possui caráter voluntário, sendo aplicável às diferentes patologias das construções. Considera todo o ciclo de vida do edifício (das fases de projeto, construção, ocupação e demolição) para quantificação do seu grau de proteção ambiental. O manual para aplicação da Certificação LEED orienta a utilização de uma norma reconhecida nacionalmente como padrão de referência. Os edifícios avaliados pela certificação LEED deverão apresentar resultados que estejam pelo menos 10% mais eficiente que a norma de referência, sendo que neste trabalho, a norma brasileira de referência aplicada foi o RTQ-C do PBE Edifica.

A estrutura da metodologia da Certificação LEED apresenta-se em forma de *checklist* e o processo total conta com 110 pontos. Com base na pontuação atingida, a edificação avaliada poderá obter um dos quatro selos, destinados à classificação dos edifícios na Certificação LEED: *Leed Certified* para empreendimentos que tenham obtido mais de 40 pontos; *Leed Silver* para empreendimentos que tenham obtido mais de 50 pontos; *Leed Gold* para empreendimentos que tenham obtido mais de 60 pontos; e *Leed Platinum* para empreendimentos que tenham obtido mais de 80 pontos.

A Certificação LEED está estruturada em oito categorias: LEED NC (*New Construction* – edifícios novos); LEED EB (*Existing Buildings* – edifícios existentes); LEED CI (*Comercial Interiors* – projeto de interiores); LEED CS (*Core and Shell* – envoltória do edifício); LEED Schools (escolas); LEED Retail (lojas de varejo); LEED for *Neighborhood Development* (desenvolvimento de bairros); e LEED Healthcare (hospitais).

O referencial LEED sugere o cumprimento de medidas prescritas de guias de projeto da ASHRAE (*American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers*) ou simulação energética computacional.

2.3.1 Certificação LEED CI

A categoria LEED CI visa promover maior produtividade nas atividades profissionais dos ocupantes por meio de espaços mais saudáveis. Considera os espaços individuais projetados e não exige adequações do restante do edifício, fator que contribui para a popularização da categoria.

A FIGURA 2 demonstra um resumo dos quesitos da Certificação LEED CI na dimensão Energia e Atmosfera:

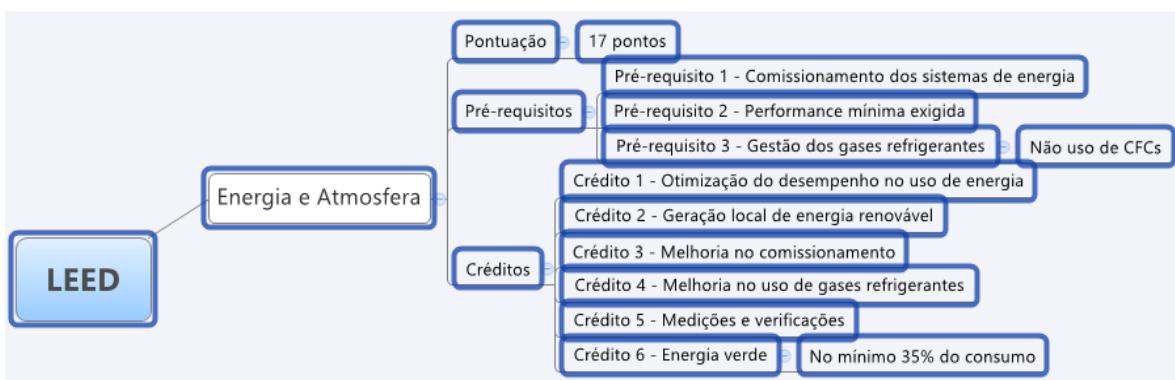


FIGURA 2 – DIAGRAMA RESUMO LEED DIMENSÃO ENERGIA E ATMOSFERA

FONTE: O autor (2014)

3. MATERIAIS E MÉTODO

3.1 MATERIAIS

3.1.1 Regulamento Técnico da Qualidade Para Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C)

O RTQ-C foi aplicado visando estabelecer os critérios de cálculo e as premissas técnicas exigidas para simular a obtenção da etiquetagem em edificações comerciais. Não foram aplicadas as variáveis relativas às pontuações adicionais referentes aos sistemas de envoltória e as bonificações, portanto, a análise proposta se limita a etiqueta parcial.

3.1.2 LEED Reference Guide for Green Interior Design and Construction

O Manual de implantação do LEED CI foi utilizado como método de delimitação dos quesitos exigidos pela norma para determinação da eficiência energética. É considerada eficiente sob a perspectiva energética da Certificação LEED os resultados obtidos no cálculo que forem 10% abaixo dos valores resultantes da norma de referência, neste caso o Selo PBE Edifica.

3.1.3 Plantas Arquitetônicas de Edificações Comerciais

A comparação entre as certificações ambientais precisa contemplar as particularidades dos projetos arquitetônicos e o respectivo uso comercial da edificação para garantir maior eficiência dos recursos energéticos.

Visando estabelecer os parâmetros da simulação e das amostras comparativas entre os elementos de iluminação e ar condicionado previstos na Certificação LEED CI e no PBE Edifica, foram empregados dois modelos de plantas arquitetônicas com uso comercial distinto entre si. A FIGURA 3 e a FIGURA 4 representam edificações localizadas na cidade de Curitiba e buscam caracterizar

os aspectos geográficos, climáticos e as principais patologias das edificações da região. O uso das plantas apresentadas não é recomendado para outras regiões do Brasil em função de fatores regionais e das Zonas Bioclimáticas definidas pela NBR15220.

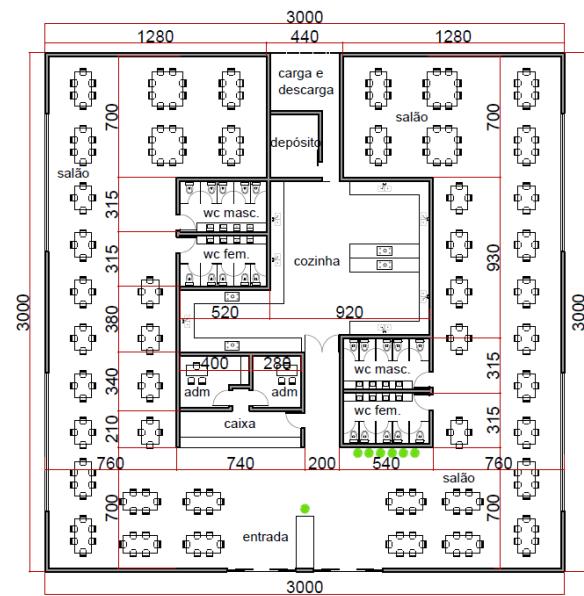


FIGURA 3 – PLANTA ARQUITETÔNICA RESTAURANTE. DIMENSÕES EM CM.

FONTE: O Autor (2014)

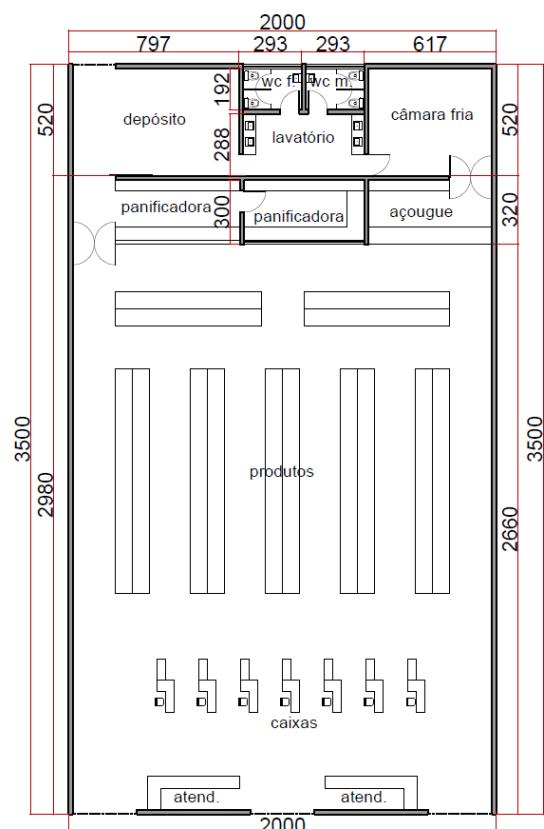


FIGURA 4 – PLANTA ARQUITETÔNICA MINIMERCADO. DIMENSÕES EM CM.

FONTE: O Autor (2014)

3.2 MÉTODO

Durante a ponderação das normas, as similaridades e as lacunas identificadas foram registradas em planilhas, levando em conta as variáveis internas e externas envolvidas nos respectivos processos. As dimensões de avaliação foram determinadas para abranger os dois modelos e, os dados compilados em uma tabela comparativa para a realização da análise dos índices de eficiência energética e dos demais critérios descritos na Certificação LEED CI e dos requisitos técnicos do Selo PBE Edifica.

3.2.1 Sistemas de Iluminação

Os sistemas de iluminação estão presentes em praticamente todos os tipos de edificação e são potenciais de economia energética. Ghisi (1997) comprovou com estudos que é possível reduzir o consumo energético da edificação em até 40% com a instalação de sistemas de iluminação com equipamentos eficientes. Foram considerados neste trabalho os reatores, lâmpadas e luminárias como elementos de um sistema de iluminação. Os cálculos para determinação do desempenho energético dos sistemas de iluminação seguem o fluxo demonstrado na FIGURA 5.

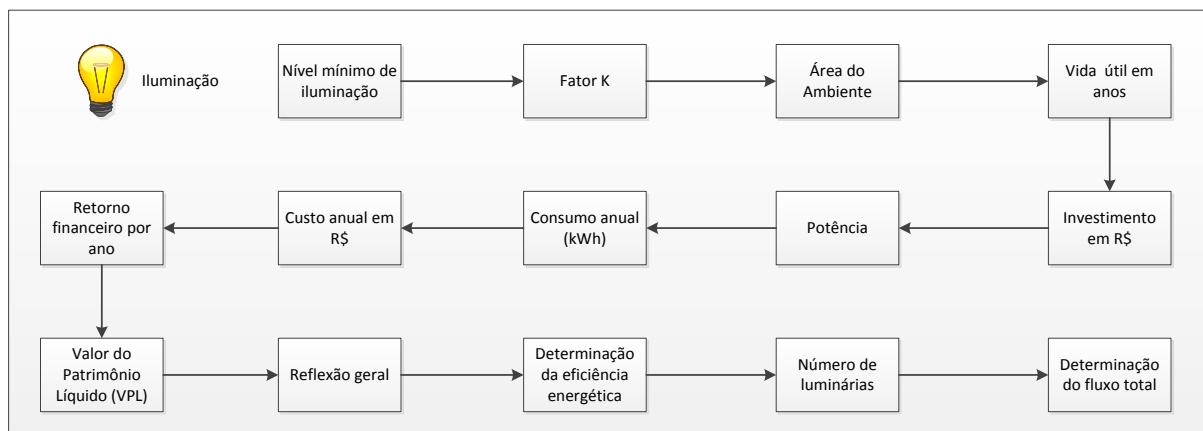


FIGURA 5 – FLUXO DOS CÁLCULOS DOS SISTEMAS DE ILUMINAÇÃO

FONTE: O Autor (2014)

Para avaliar a eficiência energética em edificações comerciais foram adotados três modelos como padrão de referência: Convencional – Padrão Energético Nacional; Selo PBE Edifica – RTQ-C; e Certificação LEED CI – ASHRAE. Na determinação do fluxo de eficiência energética em sistemas de iluminação utilizou-se a equação (RTQ-C, 2009):

$$EE = QL \cdot \frac{P}{S} \quad (3)$$

Onde:

EE = Eficiência Energética;

QL = Quantidade de Luminárias;

P = Potência em W;

S = Área do Ambiente em m².

3.3 SISTEMAS DE AR CONDICIONADO

O baixo uso da ventilação natural nos projetos e os métodos construtivos tornam os sistemas de condicionamento de ar um dos principais responsáveis pelo consumo de energia de uma edificação. 48% do consumo de energia elétrica de uma edificação se referem ao uso dos sistemas de ar condicionado. Dados do Portal de Engenharia e Arquitetura apontam que os equipamentos de ar condicionado representam em média 50% dos custos de uma construção.

Os cálculos para determinação do desempenho energético dos sistemas de ar condicionado seguem o fluxo demonstrado na FIGURA 6.

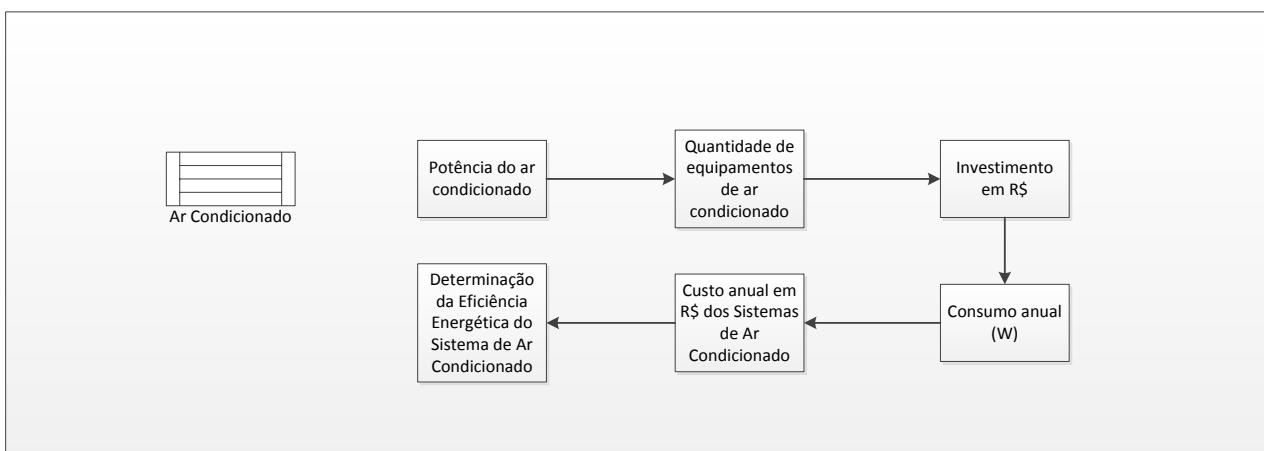


FIGURA 6 – FLUXO DO CÁLCULO DO DESEMPENHO ENERGETICO DO AR CONDICIONADO

FONTE: O Autor (2015)

A fórmula empírica embasada na experiência de especialistas de mercado é aplicada como o meio de atingir um pré-diagnóstico energético, estimando a potência do climatizador necessária para que o ambiente seja adequadamente condicionado (STR AR CONDICIONADO, 2015):

$$\text{PAC} = 600 \cdot (S + NP + NE) \quad (4)$$

Onde:

PAC = Potência necessária de Ar Condicionado, em BTU;

S = Área do Ambiente, em m²;

NP = Quantidade de pessoas que ocupam a edificação simultaneamente;

NE= Quantidade de equipamentos elétricos utilizados na edificação.

Os três equipamentos de referência adotados correspondem ao de Ar Split Piso-Teto e são oferecidos no mercado com potências pré-estabelecidas de 9.000, 12.000, 18.000, 24.000 e 32.000

BTU, que são faixas largas o suficiente para acomodar a aproximação do modelo empírico. Para a definição da eficiência energética foi aplicada a fórmula (RTQ-C, 2009):

$$\text{EE} = \frac{(PEC.NAC)}{S} \cdot 1000 \quad (5)$$

Onde:

EE = Eficiência Energética em W/m²;

PEC = Potência Elétrica Consumida em kW;

NAC = Quantidade de equipamentos de ar condicionado;

S = Área do Ambiente em m².

4. ANÁLISE DOS RESULTADOS

4.1 ANÁLISE COMPARATIVA CERTIFICAÇÃO LEED VERSUS SELO PBE EDIFICA

De acordo com os dados publicados pelo PROCEL, até o dia 15 de janeiro de 2015 foram 94 solicitações de Etiquetagem formalizadas no Brasil, destas 93 com êxito, de acordo com a FIGURA 7. Do ponto de vista da eficiência energética, o selo PROCEL Edifica é mais assertivo que a Certificação LEED por estar totalmente embasado em normas e padrões técnicos nacionais.

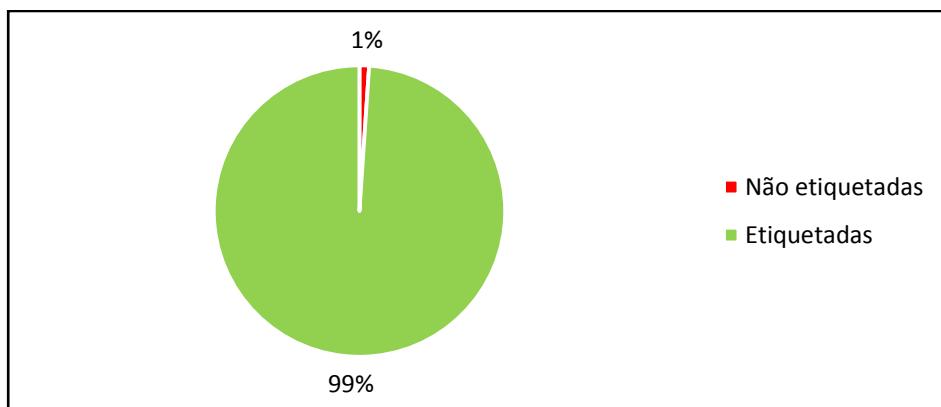


FIGURA 7 – EDIFÍCIOS ETIQUETADOS NO BRASIL

FONTE: O Autor (2015)

Segundo o GBC, até o dia 31 de dezembro de 2014 foram 570 solicitações de Certificação LEED formalizadas no Brasil, sendo que destas, somente 176 concluíram o processo.

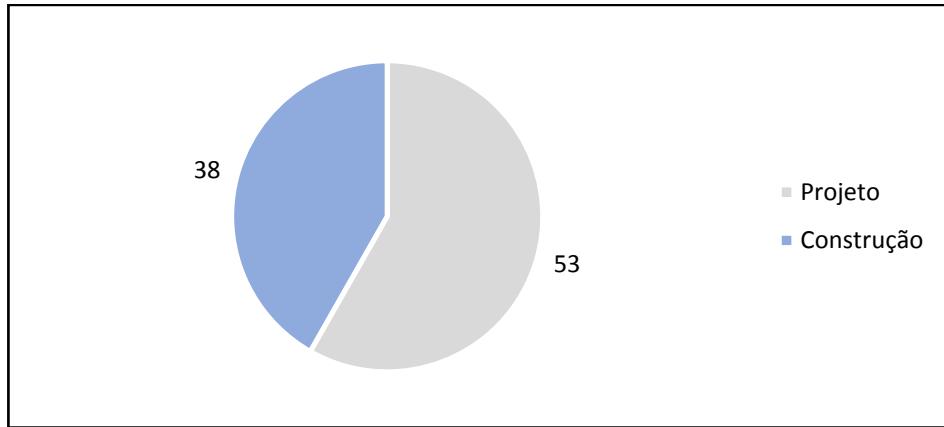


FIGURA 8 – EFICAÇÕES CERTIFICADAS VERSUS NÃO CERTIFICADAS

FONTE: Adaptado pelo Autor do GBC (2015)

Impulsionada principalmente pelo forte apelo publicitário, a Certificação Internacional LEED apresenta maior adesão do mercado em relação ao selo nacional PBE Edifica. A diferença quantitativa demonstra ainda que o número de edificações Certificadas com o LEED equivale ao dobro das edificações que formalizaram a solicitação da etiquetagem.

No âmbito das melhorias em soluções de eficiência energética, é ponto coincidente entre as normas comparadas estabelecer soluções que visam ao aumento das qualidades intrínsecas de um edifício para otimizar a utilização da energia que lhe é fornecida. Ações para a redução do uso de equipamentos de alto consumo de energia e a priorização de materiais com melhor desempenho fazem parte da estratégia destas certificações para atingir os seus objetivos ambientais, de qualidade, de utilização do edifício e de eficiência energética.

A Certificação LEED ainda não concluiu todas as adaptações no que se refere às necessidades do Brasil, enquanto o Selo PBE Edifica torna-se mais apropriada regionalmente, por ser validada pelo INMETRO, que é um órgão regulamentador nacional.

Em contrapartida, o LEED avalia aspectos não considerados no PBE Edifica, como o terreno, a implantação, o transporte, o dispêndio de água, materiais renováveis, qualidade do ar e inovação; sendo o selo de maior reconhecimento internacional e o mais utilizado no mundo.

De acordo com o *U.S. Department of Energy* (Martinez, 2009) os processos praticados para obtenção da Certificação LEED prometem redução de 30% no consumo de energia quanto à Certificação PBE Edifica, Haddad (2001) afirma que a economia pode chegar a 30% para edificações já existentes, se estas passarem por uma intervenção tipo *retrofit* (reforma e/ou atualização). Nas novas edificações, ao se utilizarem tecnologias energeticamente eficientes desde a concepção do projeto, a economia de energia pode superar 50% do consumo.

Na Certificação LEED, a edificação precisa atender a uma pontuação mínima em itens como localização e implantação do empreendimento, redução no consumo de água, redução no consumo de energia, utilização de materiais ambientalmente adequados e qualidade interna dos ambientes.

No Selo PBE Edifica as etiquetas podem ser emitidas em dois momentos: na etapa de projeto e com a edificação construída.

Tanto a Certificação LEED quanto o Selo PBE Edifica apresentam caráter voluntário e se propõem a analisar os edifícios nas fases de projeto e pós-construção. Adicionalmente, a Certificação LEED considera as técnicas construtivas utilizadas durante a execução da obra.

O Selo PBE Edifica contempla as principais características regionais do país e faz emprego do Zoneamento Bioclimático local, permitindo uma avaliação mais precisa da edificação. Já a Certificação LEED, em função da sua origem internacional, necessita de adaptações aos parâmetros nacionais.

A avaliação comparativa entre a Certificação LEED e o Selo PBE Edifica, identifica as principais similaridades e lacunas entre as normas conforme a TABELA 1:

TABELA 1 – COMPARATIVOS GERAIS CERTIFICAÇÃO LEED VERSUS SELO PBE EDIFICA

#	Item avaliado	Certificação LEED CI	Selo PBE Edifica
I	Origem	USGBC e GBC Brasil	Procel - Eletrobrás Brasil
II	Enfoque	Tecnologias sustentáveis, redução do impacto no meio ambiente	Eficiência energética e conservação de energia
III	Pré-requisitos	1. Gestão de resíduos 2. Uso da edificação 3. Fornecedores regionais (20% dos materiais de construção e <i>commodities</i> de origem reciclável)	1. Análise dos resultados obtidos para a etiquetagem por laboratório certificado 2. Edificação atendida por alta tensão
IV	Sistemas de Pontuação	1. Básica 2. Silver 3. Gold 4. Platinum	Níveis de Eficiência de A para mais eficiente até E para menos eficiente: A – 5; B – 4; C – 3; D – 2; E – 1.
V	Avaliações de Desempenho	1. Espaços Sustentáveis 2. Eficiência de Água 3. Energia e Atmosfera 4. Materiais e Recursos 5. Qualidade Ambiental Interna 6. Inovação e Projeto	1. Envoltória 2. Sistemas de Iluminação 3. Sistemas de Condicionamento de Ar 4. Bonificações
VI	Métodos	Checklist e pontuação de créditos	1. Método prescritivo 2. Simulação computacional
VII	Parâmetros	Normas internacionais (Ashrae)	1. ABNT 2. RTQ-C
VIII	Fases	1. Projeto 2. Construção	1. Projeto 2. Pós-Construção
IX	Entidade Concessora	GBC Internacional	Organismos de concessão acreditados pelo INMETRO
X	Validação e concessão	Após a conclusão da obra	Durante a fase do projeto e após a conclusão da obra
XI	Auditória	Análise documental - não há inspeção física da edificação. Auditória sistêmica	Presencial com inspeção física <i>in loco</i>

XII	Custos	Possui custos fixos que se referem as taxas de registro e revisão da documentação e custos variáveis relacionados a consultoria, simulação energética e comissionamento da obra. Em média o custo gira em torno de 1 a 3% do custo total da obra	Os valores variam entre R\$ 11.000,00 (onze mil reais) a R\$ 22.000,00 (vinte e dois mil reais) para avaliação do projeto pelo método prescritivo.
XIII	Energia	Melhoria de 10% na avaliação do desempenho energético de novos edifícios ou 5% para grandes reformas em comparação ao desempenho inicial	Edificação atendida por alta tensão ou ser superior a 2,3 kV Apresentar circuitos elétricos que possam ser medidos por uso, especificação a porção aplicada para a iluminação e para o condicionamento de ar Economia de pelo menos 30% no consumo de energia elétrica anual da edificação na cogeração e 30% do consumo anual com inovações tecnológicas
XIV	Condicionamento de ar	0 (zero) de utilização de clorofluorcarbonetos (CFC)	Desempenho da eficiência energética em conformidade com a ABNT
XV	Uso da água	Aplicação de técnicas e métodos que proporcionem economia mínima de 20% em relação às alternativas comuns	Aproveitamento da água pluvial, com economia mínima de 20% do consumo de água anual do edifício
XVI	Espaço utilizado	Superior a 93 m ² para construções e 22m ² para ambientes internos	Superior a 500 m ² (caso não seja atendida por rede de alta tensão inferior a 2,3 kV)

FONTE: O autor (2015)

4.2 ESTUDO DE CASO DA ANÁLISE DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Com base na publicação do Ministério de Minas e Energia de que “o sistema de ar condicionado consome 48% da energia e a iluminação 24%”, a simulação do uso da eficiência energética foi delimitada para avaliação dos sistemas de Iluminação e Ar condicionado, definindo três níveis de eficiência de acordo com os respectivos métodos aplicados:

- Tipo 1 = uso de lâmpadas led 20 e equipamentos de ar condicionado com classe eficiência energética A (3,26 kW).
- Tipo 2 = utilização de lâmpadas LFT 28 e equipamentos de ar condicionado com classe eficiência energética B (3,62 kW).
- Tipo 3 = uso de lâmpadas LFT 36 e equipamentos de ar condicionado com classe eficiência energética B (3,75 kW).

A análise conjunta foi realizada para certificar qual o melhor resultado obtido ponderando as nove combinações possíveis do uso dos equipamentos de iluminação versus ar condicionado em função dos seus níveis de eficiência conforme demonstrado na

FIGURA 9.

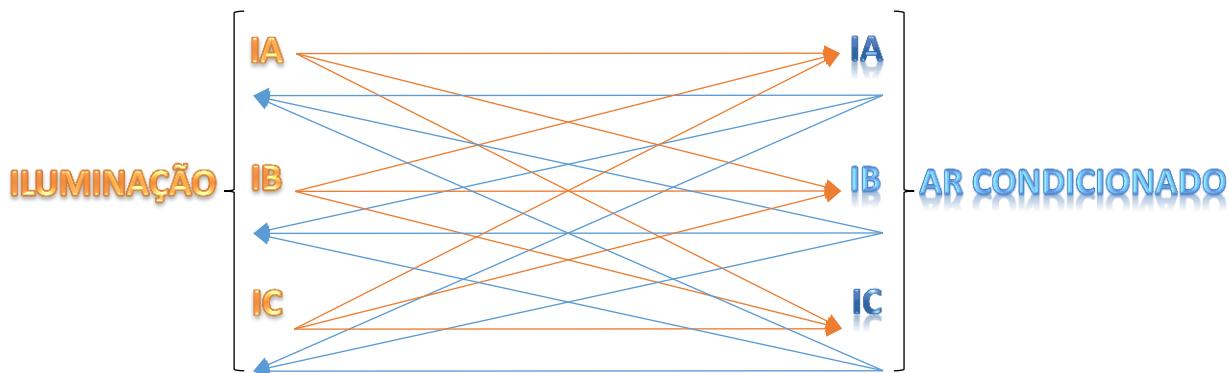


FIGURA 9 – ANÁLISE CONJUNTA

FONTE: O Autor (2015)

Este método possibilitou identificar qual combinação atende os requisitos do PBE Edifica e qual atende ao LEED, seguindo uma escala de melhoria que ilustra os valores simulados a partir do pior resultado até chegar ao melhor indicador, conforme ilustrado na FIGURA 10.

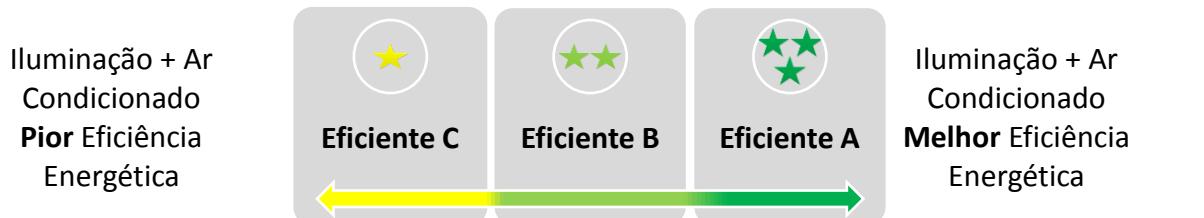


FIGURA 10 – ESCALA

FONTE: O Autor (2015)

O cálculo para determinação da eficiência energética foi feito com o emprego simplificado da equação indicada no RTQ-C (2009):

$$DPT = 0,4286 \cdot (EqNumDPI) + (0,5714 \cdot (EqNumCA \cdot \frac{AC}{AU})) \quad (6)$$

Onde:

DPT = Densidade da Potência Total, W/m²;

0,4286 = Recalibração do peso 0,30 da equação, calculado pela razão $\frac{0,30}{0,70}$

EqNumDPI = Equivalente numérico da densidade de potência do sistema de iluminação.

0,5714 = Recalibração do peso 0,40 da equação, calculado pela razão $\frac{0,40}{0,70}$

EqNumCA = Equivalente numérico do sistema de condicionamento de ar.

Para o ambiente Restaurante, as configurações que utilizaram equipamentos de ar condicionado do tipo 3 e iluminação de tipo 3 ou 2 ou 1 garantiram a obtenção da ENCE classe A. A combinação IC

(Tipo 1 = B) + ACC (Tipo 2 = B) proporcionou um custo reduzido comparada às outras opções analisadas, constituindo a escolha mais apropriada para esta classe.

Tomando como padrão comparativo a configuração aplicada para obter a ENCE classe C e, assumindo a condição de melhoria no resultado de pelo menos 10% aponta que:

- Somente a troca do equipamento de ar condicionado é suficiente para se obter melhor desempenho e atingir uma densidade de potência de 79 W;
- Deve-se substituir a lâmpada para a LFT28 e usar o Ar Condicionado do Tipo 3 a fim de atingir o resultado otimizado da ENCE A;
- Em função da quantidade de lâmpadas exigidas para manter o padrão de iluminação LED, a troca dos equipamentos de ar condicionado e iluminação para o Tipo 3 encarecem o custo total da solução.

TABELA 2 – ANÁLISE CRUZADA DO RESTAURANTE

Matriz de Análise Cruzada						Restaurante	
Iluminação (IC) + Condicionamento de Ar (ACC)	Pontuação da combinação de equipamentos	PBE	ENCE	Desempenho	Custo	Densidade da Potência	Ranking
IC (Tipo 3 = A) + ACC (Tipo 3 = A)	5,00	5	A		Maior Custo	76,9 W/m ²	2
IC (Tipo 3 = A) + ACC (Tipo 2 = B)	4,43	4	B		Maior Custo	84,5 W/m ²	5
IC (Tipo 3 = A) + ACC (Tipo 1 = C)	3,86	4	B			87,1 W/m ²	8
IC (Tipo 2 = A) + ACC (Tipo 3 = A)	5,00	5	A	Melhor A		75,7 W/m ²	1
IC (Tipo 2 = A) + ACC (Tipo 2 = B)	4,43	4	B	Melhor B		83,3 W/m ²	4
IC (Tipo 2 = A) + ACC (Tipo 1 = C)	3,86	4	B			86,0 W/m ²	6
IC (Tipo 1 = B) + ACC (Tipo 3 = A)	4,57	5	A		Menor Custo	79,4 W/m ²	3
IC (Tipo 1 = B) + ACC (Tipo 2 = B)	4,00	4	B		Menor Custo	87,0 W/m ²	7
IC (Tipo 1 = B) + ACC (Tipo 1 = C)	3,43	3	C			89,6 W/m ²	9

Fonte: O autor (2015)

No ambiente mercado (TABELA 3), apenas uma única combinação garante a obtenção da ENCE A. A pontuação máxima obtida foi inferior a 5 e a mínima resulta na ENCE C.

TABELA 3 – ANÁLISE CRUZADA DO MERCADO

Matriz de Análise Cruzada	Minimercado
---------------------------	-------------

Iluminação (IC) + Condicionamento de Ar (ACC)	Pontuação da combinação de equipamentos	PBE	ENCE	Desempenho	Custo	Densidade da Potência	Ranking
IC (Tipo 3 = C) + ACC (Tipo 3 = A)	4,14	4	B	Melhor B		74 W	2
IC (Tipo 3 = C) + ACC (Tipo 2 = B)	3,57	4	B		Menor Custo	81 W	5
IC (Tipo 3 = C) + ACC (Tipo 1 = C)	3,00	3	C			84 W	7
IC (Tipo 2 = B) + ACC (Tipo 3 = A)	4,57	5	A	Melhor A		73 W	1
IC (Tipo 2 = B) + ACC (Tipo 2 = B)	4,00	4	B			80 W	4
IC (Tipo 2 = B) + ACC (Tipo 1 = C)	3,43	3	C			83 W	6
IC (Tipo 1 = E) + ACC (Tipo 3 = A)	3,29	3	C			77 W	3
IC (Tipo 1 = E) + ACC (Tipo 2 = B)	2,71	3	C			84 W	8
IC (Tipo 1 = E) + ACC (Tipo 1 = C)	2,14	2	D			87 W	9

Fonte: O autor (2015)

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os problemas atuais relacionados ao esgotamento do potencial energético nacional reforçam a necessidade de desenvolver soluções alternativas para reduzir o consumo de energia. Por representar grande parte da parcela do uso de energia, a construção civil passou a considerar a adoção das certificações ambientais para promover a entrega de edificações sustentáveis.

Apesar da maior abrangência das dimensões avaliadas, a Certificação LEED é limitada no que se refere à sua tropicalização para a realidade brasileira. É notório que necessita de adaptações para contemplar os aspectos de mercado e as práticas construtivas locais. Já o Selo PBE Edifica é limitado porque se restringe, em sua essência, em avaliar exclusivamente a dimensão energética.

A quantidade de construções certificadas no país, em relação ao volume total de construções, ainda é insignificante. Esse fato corrobora para justificar a carência de normas reguladoras que tornem compulsória a adoção de práticas sustentáveis por empresas de todas as esferas.

Fatores como o custo da implantação dos sistemas de iluminação e ar condicionado eficientes são barreiras que inibem a adesão voluntária às certificações. O incentivo à adequação das estruturas aos requisitos das normas sem a formalização do certificado ambiental é uma alternativa viável, que contribui para o prolongamento dos recursos naturais e o uso racional da energia. No entanto, as normas para alcance da ENCE nas classes A e B permitem adaptações demonstradas nas análises conjuntas que melhoram o desempenho dos sistemas e reduzem os custos da implantação.

Apesar de ter apresentado adesão inferior à Certificação LEED e da complexidade dos requisitos técnicos, o Selo PBE Edifica proporciona melhores condições de implantação, por estar baseado em normas totalmente adaptadas ao Brasil.

As vantagens percebidas em análise crítica da Certificação LEED se restringem a dois pontos importantes, mas que não são determinantes para justificar o custo-benefício resultante da solução: prolongamento da vida útil dos sistemas; e maior eficiência energética em relação ao Selo PBE Edifica.

Sob a perspectiva da densidade energética, foi possível observar nas simulações que os resultados obtidos em ambas as normas comparadas com o sistema convencional foram satisfatórios:

- Retorno do investimento aderente ao ciclo de vida do projeto
- Relação custo-benefício para adequação proporcional aos custos do sistema convencional com o uso de sistemas híbridos;
- Eficiência energética comprovada com adaptações de baixo impacto;
- Aumento da vida útil dos sistemas de iluminação de 90% em média.
- Sendo a intenção concentrar esforços na questão da eficiência energética e conservação de energia, indica-se a obtenção da certificação PBE Edifica, visto que sua composição notadamente se caracteriza por essa singular finalidade.

REFERÊNCIAS

GHISI, E. (1997): Desenvolvimento de uma metodologia para retrofit em sistemas de iluminação: estudo de caso na Universidade Federal de Santa Catarina. Dissertação de Mestrado. Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, agosto/1997.

HADDAD, J. Conservação de energia: eficiência energética de instalações e equipamentos. Minas Gerais, 2001.

MARTINEZ, Maria Fernanda Baquerizo. Avaliação Energética visando Certificação de Prédio Verde. 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

ASHRAE 90.1-2007. Disponível em:

<<https://law.resource.org/pub/us/code/ibr/ashrae.90.1.2007.pdf>> Acesso em: 13 nov. 2014

Avaliação da Eficiência energética na indústria e nas residências no horizonte decenal (2010-2019). Disponível em:

http://www.epe.gov.br/mercado/Documents/S%C3%A9rie%20Estudos%20de%20Energia/20100809_4.pdf Acesso em 08/04/2015

Certificação LEED. Disponível em: <www.portalvgv.com.br> Acesso em: 5 nov. 2014

Certificação PBE Edifica. Disponível em: <www.genergia.com.br> Acesso em: 3 nov. 2014

Classificação de Eficiência Energética – PROCEL Disponível em: <www.arcoweb.com.br> Acesso em: 5 nov. 2014

Eficiência Energética. Ministério do Meio Ambiente. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/clima/energia/eficiencia-energetica>> Acesso em: 3 nov. 2014.

Instituto Nacional de Eficiência Energética. INEE. Disponível em: <<http://www.inee.org.br/>> Acesso em: 29 out. 2014.

Plano Decenal de Expansão de Energia 2008. MME – Ministério de Minas e Energia. Disponível em: http://www.mme.gov.br/mme/galerias/arquivos/publicacoes/pde_2008_2017/PDE2008-2017_VOL1_CompletoM.pdf Acesso em: 21 out. 2014.

PROCEL INFO. Disponível em: <<http://www.PROCELinfo.com.br/main.asp>> Acesso em: 13 out. 2014.

Selos LEED. Disponível em: <www.planetasustentavel.abril.com.br> Acesso em: 3 nov. 2014.