



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

ALEXCYA LOPES ALEXANDRE

ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE EDIFICAÇÕES DE ENERGIA ZERO
CERTIFICADAS PELA GBC BRASIL E PELO DEPARTAMENTO DE ENERGIA
DOS EUA (DOE)

Fortaleza
2021

ALEXCYA LOPES ALEXANDRE

ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE EDIFICAÇÕES DE ENERGIA ZERO
CERTIFICADAS PELA GBC BRASIL E PELO DEPARTAMENTO DE ENERGIA
DOS EUA (DOE)

Monografia apresentada ao
Departamento de Engenharia
Elétrica da Universidade Federal do
Ceará, como requisito parcial à
obtenção do título de Bacharel em
Engenharia Elétrica. Área de
concentração: Energias renováveis

Orientador: Prof. Dr. Paulo Cesar
Marques de Carvalho
Co-orientadora: Prof.a. M.a Siomara
Peixoto Lima

FORTALEZA
2021

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

A369a Alexandre, Alexcya Lopes.

Análise comparativa entre edificações de energia zero certificadas pela GBC Brasil e pelo Departamento de Energia dos EUA (DOE) / Alexcya Lopes Alexandre. – 2021.
67 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, Curso de Engenharia Elétrica, Fortaleza, 2021.

Orientação: Prof. Dr. Paulo Cesar Marques de Carvalho.

Coorientação: Profa. Ma. Siomara Peixoto Lima.

1. Edificações de energia zero. 2. ZEB. 3. Energias renováveis. I. Título.

CDD 621.3

ALEXCYA LOPES ALEXANDRE

ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE EDIFICAÇÕES DE ENERGIA ZERO CERTIFICADAS PELA GBC BRASIL E PELO DEPARTAMENTO DE ENERGIA DOS EUA (DOE).

Monografia apresentada ao Departamento de Engenharia Elétrica da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Elétrica. Área de concentração: Energias renováveis

Aprovada em: ___/___/_____.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Paulo Cesar Marques de Carvalho (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof.a. M.a Siomara Peixoto Lima (Co-Orientadora)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Rodrigo Pereira Cardoso
Eng. Eletricista Ginlong Technologies

A Deus e a minha família, Valda e Kedna.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por toda benção ao longo desses anos de Engenharia Elétrica.

Agradeço a minha mãe, Valda, por ter me dado todas as oportunidades de ensino, por ter tido fé em mim e me encorajado nos momentos mais difíceis.

Agradeço a minha irmã, Kedna, por toda paciência e parceria nessa jornada da graduação e da vida.

À toda minha família, meus primos, meus tios, que fizeram parte da minha vida de forma tão benéfica, com união e companheirismo.

Agradeço aos meus amigos, Leticia, Carla, Flavia, Jorgiane, Raisal, Rodrigo, Samile, Natalia, Eladio, Fabio, Enzo, Yasmin, Isabela e inúmeros outros que são importantes, por todo companheirismo, amizade e suporte ao longo de todos esse anos.

Agradeço aos meus orientadores e a banca, por terem me inspirado a fazer esse trabalho e por terem compartilhado seus conhecimentos comigo. Também à Moksa Engenharia LTDA, empresa do meu estágio, que me deu a oportunidade de trabalhar e que me ensinou muito sobre a Engenharia Elétrica.

RESUMO

Com o crescimento do consumo de energia elétrica em edificações, alguns países passaram a adotar políticas de incentivo para implementação de Edificações de Energia Zero, que são empreendimentos com alto índice de eficiência energética e geração de energia elétrica com fontes renováveis para compensação do consumo de energia elétrica. No Brasil, ainda não existem políticas para implementação de Edificações de Energia Zero, por isto o trabalho analisa o método utilizado pela certificação *Zero Energy* da GBC Brasil e compara com o método adotado pelo *Department of Energy* (DOE) dos EUA. A análise se baseia em comparar o cálculo da *source energy*, fonte de energia, que consiste no cálculo do balanço energético entre o consumo e geração de energia elétrica, também são avaliadas as regras adotadas quanto ao uso de Certificados de energias renováveis (REC), definições a respeito das medidas de eficiência energética, além da avaliação de desempenho energético através do *Area Energy Use Index* (AEUI), Índice de Uso de Energia por Área, que verifica o consumo da edificação em kWh/ano pela área (m²). O estudo será aplicado nas edificações da SECONCI, Paola & Panasolo, Petinelli, Lar Verde Lar e Camisas Polo Salvador que possuem a certificação *Zero Energy* da GBC Brasil. A Camisas Polo Salvador é a única edificação na região Nordeste, servindo de referência e estudo de caso para outras edificações que desejem adquirir a certificação *Zero Energy*. Conclui-se que apenas a Paola & Panasolo, não é categorizada como ZEB, *Zero Energy Building*, de acordo com o DOE, pela utilização REC, que são certificados utilizados para complementar a geração da edificação e promover o balanço energético nulo. Através do cálculo do AEUI verifica-se que os empreendimentos *Zero Energy* que possuem melhor desempenho em eficiência energética são a Seconci e a Lar Verde Lar.

Palavras-chave: Edificações de Energia Zero. ZEB. Energias renováveis.

ABSTRACT

With the growth in the consumption of electricity in buildings, some countries have adopted policies to encourage the implementation of Zero Energy Buildings, which are projects with a high energy efficiency index and generation of electricity with renewable sources to compensate for energy consumption. electrical. In Brazil, there are still no policies for the implementation of Zero Energy Buildings, so the work analyzes the method used by GBC Brasil's Zero Energy certification and compares it with the method adopted by the US Department of Energy (DOE). The analysis is based on comparing the calculation of source energy, which consists of calculating the energy balance between consumption and generation of electricity, the rules adopted regarding the use of Renewable Energy Certificates (REC) are also evaluated, definitions regarding energy efficiency measures, in addition to the evaluation of energy performance through the Area Energy Use Index (AEUI), Energy Use Index by Area, which verifies the building's consumption in kWh / year by area (m²). The study will be applied in the buildings of SECONCI, Paola & Panasolo, Petinelli, Lar Verde Lar and Polo Shirts Salvador that have the Zero Energy certification from GBC Brasil. Camisa Polo Salvador is the only building in the Northeast region, serving as a reference and case study for other buildings that wish to acquire Zero Energy certification. It is concluded that only Paola & Panasolo, is not categorized as ZEB, Zero Energy Building, according to the DOE, by using REC, which are certificates used to complement the generation of the building and promote the zero energy balance. By calculating the AEUI, it is verified that the Zero Energy projects that have the best performance in energy efficiency are Seconci and Lar Verde Lar.

Keywords: *Zero Energy Building*. ZEB. Renewable energy.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Consumo de eletricidade per Capita	14
Figura 2: Geração FV no Brasil	15
Figura 3: Corrente em função da tensão aplicada em célula FV	17
Figura 4: Esquema de ligação sistema FV On Grid.....	18
Figura 5: Sistema FV da Creche Municipal Hassis.....	31
Figura 6: Sistema FV do SEBRAE	32
Figura 7: Sistema FV SECONCI	36
Figura 8: Sistema FV utilizado na Paola & Panasolo.....	40
Figura 9: Sistema FV para a Lar Verde Lar	41
Figura 10: Sistema FV para a Petinelli	43
Figura 11: Sistema FV para a Camisas Polo Salvador	44

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Consumo de energia elétrica no ano de 2019 (KWh)	38
Gráfico 2: Consumo de energia elétrica no ano de 2020 (KWh)	38
Gráfico 3: Consumo de energia elétrica total (KWh) da SECONCI(2019/2020)	39
Gráfico 4: Consumo faturado de energia elétrica e energia injetada na rede (KWh)	40
Gráfico 5: Ranking do Cálculo da fonte de energia das edificações Zero Energy	51
Gráfico 6: Ranking das edificações de acordo com o índice AEUI	53

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Fatores de conversão médio para energia primária	46
Tabela 2: Resumo dos resultados apresentados	54
Tabela 3: Comparação entre método do DOE dos EUA e certificação Zero Energy da GBC Brasil	56

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABSOLAR	Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica
AEUI	<i>Area Energy Use Index</i>
ASHRAE	<i>American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers</i>
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
BEN	Balanço Energético Nacional
CBCS	Conselho Brasileiro de Construção Sustentável
CGIEE	Comitê Gestor de Indicadores e Níveis de Eficiência Energética
COP	<i>Conference of the Parties</i>
DOE	<i>Department of Energy</i>
EPBD	<i>Energy Performance of Buildings Directive</i>
EEZ	Edificações de Energia Zero
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
ENCE	Etiqueta Nacional de Conservação de Energia
EUA	Estados Unidos da América
GBC	<i>Green Building Council</i>
GC	Geração Centralizada
GD	Geração distribuída
GEE	Gases de Efeito Estufa
IEA	<i>Internacional Energy Agency</i>
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia
LEED	<i>Leadership in Energy and Environmental Design</i>
MME	Ministério de Minas e Energia
MTC	Ministério da ciência e tecnologia
nZEB	<i>Nearly Zero Energy Building</i>
NZEB	<i>Net Zero Energy Building</i>
ODS	Objetivo de Desenvolvimento Sustentável
PBE	Programa Brasileiro de Etiquetagem
PROCEL	Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica
RAC	Regulamento de Avaliação da Conformidade
REC	<i>Renewable Energy Certificate</i>
RN	Resolução Normativa
SECONCI	Serviço Social do Sindicato da Indústria da Construção Civil
SME	<i>Society for Mining, Metallurgy & Exploration</i>
RTQ-C	Regulamento Técnico da Qualidade
ZEB	<i>Zero Energy Building</i>
USGBC	<i>U.S. Green Building Council</i>
UE	União Europeia

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	13
1.1	CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA	13
1.2	GERAÇÃO FOTOVOLTAICA.....	16
1.3	GERAÇÃO DISTRIBUÍDA.....	17
1.4	OBJETIVOS.....	19
1.4.1	OBJETIVOS GERAIS.....	19
1.4.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	19
1.4.3	METODOLOGIA	19
2.	ESTADO DA ARTE: EDIFICAÇÕES DE ENERGIA ZERO.....	20
2.1	POLÍTICAS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NO BRASIL.....	20
2.2	EFICIÊNCIA ENERGÉTICA PARA EDIFICAÇÕES	21
2.3	EDIFICAÇÕES DE ENERGIA ZERO	24
2.4	CASOS DE SUCESSO DE ZEB	27
2.4.1	CENÁRIO MUNDIAL.....	27
2.4.2	CENÁRIO NO BRASIL.....	29
3.	GBC BRASIL	33
3.1	CERTIFICAÇÃO ZERO ENERGY.....	33
3.2	CARACTERIZAÇÃO DAS EDIFICAÇÕES CERTIFICADAS COM O SELO ZERO ENERGY	35
3.2.1	SECONCI	36
3.2.2	PAOLA & PANASOLO SOCIEDADE DE ADVOGADOS.....	39
3.2.3	LAR VERDE LAR.....	41
3.2.4	PETINELLI	41
3.2.5	CAMISAS POLO SALVADOR.....	43
4.	CONCEITO DE ZEB DE ACORDO COM O DOE DOS EUA	44
4.1	CÁLCULO DA ENERGIA PRIMÁRIA PARA ZEB.....	46
4.2	ANÁLISE DAS EDIFICAÇÕES ZERO ENERGY	47
4.2.1	SECONCI	48
4.2.2	PAOLA & PANASOLO SOCIEDADE DE ADVOGADOS.....	48
4.2.3	LAR VERDE LAR.....	48
4.2.4	PETINELLI.....	49
4.2.5	CAMISAS POLO SALVADOR.....	50

4.3	AVALIAÇÃO GERAL DAS EDIFICAÇÕES ZERO ENERGY	50
4.4	AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO ENERGÉTICO DAS EDIFICAÇÕES ZERO ENERGY	52
5.	CONCLUSÃO	55
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	57
	ANEXOS	64

1 INTRODUÇÃO

O consumo de energia elétrica se tornou parte do estado de bem-estar social almejado pela vida moderna, de tal maneira que o crescimento e desenvolvimento de uma sociedade estão associados ao amplo acesso da população a energia elétrica.

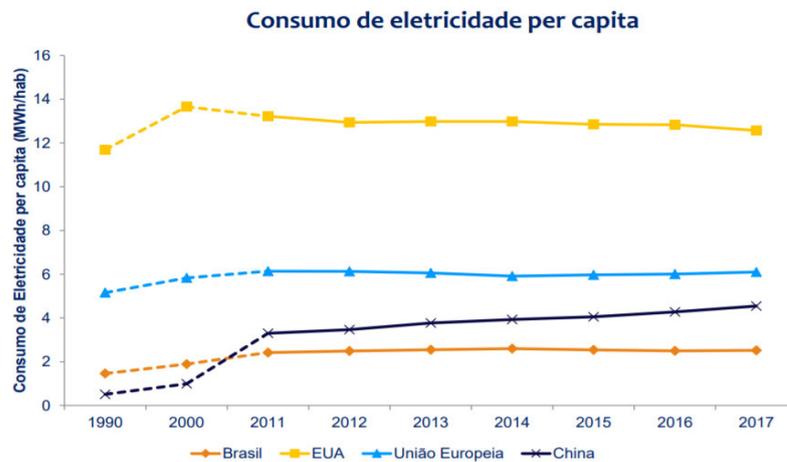
Nos últimos anos alguns fatores contribuíram para o crescimento do consumo de energia elétrica mundial, como o crescimento econômico, que conseqüentemente reflete em uma maior necessidade de consumo de energia elétrica, a expansão industrial e as inovações tecnológicas que permitiram a confecção de produtos em larga escala. Nesse contexto, fatores históricos como a crise petrolífera de 1973, promoveram um aumento do consumo de energia elétrica mundial.

1.1 Consumo de energia elétrica

O crescimento no consumo de energia elétrica mundial levantou discussões sobre os impactos ambientais que poderiam ser causados e a necessidade em aprofundar as discussões e políticas internacionais para redução de emissão de Gases de Efeito Estufa (GEE), eficiência energética e geração de energia elétrica renovável. Na figura 1 é apresentado a energia elétrica per capita, de acordo com o Balanço Energético Nacional (BEN,2020).

Destaca-se a nível mundial entre 2000 e 2017, o EUA que apresentou uma oscilação entre 13,7 e 13 MWh/hab e a China que apresentou o maior crescimento de 1,1 para 3,9 MWh/hab (EPE, 2020).

Figura 1: Consumo de eletricidade per Capita



Fonte: EPE (2020)

Segundo a IEA (2020), dentre os setores que são responsáveis pelos maiores potenciais de consumo de energia elétrica, os que apresentaram maiores aumentos no consumo entre os anos de 1990 e 2019, foram o comercial e de serviços públicos que apresentou crescimento de 146%, residencial com 138% e o industrial 107%.

O Brasil, em 1990 apresentava 217,7 TWh, de consumo de energia elétrica, e em 2019 apresentou 553,3 TWh, dentre os setores que são responsáveis pelos maiores potenciais de consumo, os que obtiveram maiores aumentos entre os anos de 1990 e 2019, foram o comercial e de serviços públicos que apresentou crescimento de 236%, residencial com 192% e o industrial 74% (IEA, 2020).

Segundo dados do BEN (2020) analisando o consumo de energia elétrica per capita, o Brasil apresentou uma oscilação de 1,9 para 2,1 MWh/hab entre os anos de 2000 a 2017, se considerarmos a oferta interna de energia elétrica per capita (kWh/hab) teremos um aumento de 25,2% entre os anos de 2000 e 2017.

Devido ao aumento do consumo mundial de energia elétrica, a produção de energia elétrica renovável é cada vez mais utilizada como forma de geração de energia elétrica sustentável, principalmente a geração FV por ser de fácil implementação e apresentar viabilidade de instalação nos mais diferentes tipos de clima e empreendimentos.

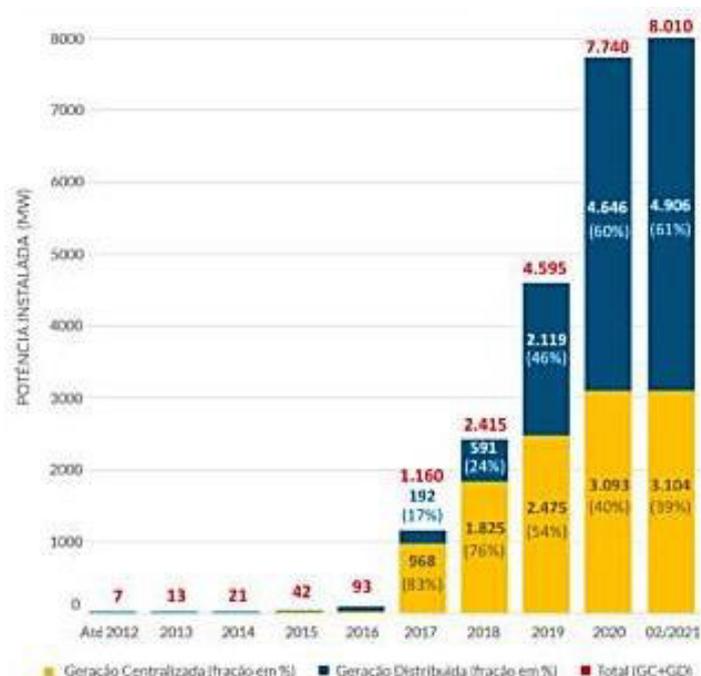
Conforme dados da IEA (2020) o crescimento mundial da geração fotovoltaica (FV) foi de 4 TWh em 2005 para 554 TWh em 2018, com capacidade mundial total instalada até 2018 de 505 GW, com aumento de 129 GW em 2019.

A China em 2018 lidera o ranking mundial de potência instalada de geração FV, com 175,1 GW, seguida pelos Estados Unidos, com 62,5 GW, somente no ano de 2018 a China aumentou a sua potência instalada em 45 GW, sendo a líder mundial em investimento em energia solar IEA (2020).

No Brasil segundo dados da ABSOLAR (2021), a potência instalada de geração FV no ano de 2021, considerando até o mês de fevereiro, é de 4906 MW e teve crescimento de 5,59% em relação a 2020, conforme figura 2.

De acordo com dados da ABSOLAR (2021), os setores que são responsáveis pelo maior potencial de GD no Brasil, são as residências que são responsáveis por 39,2%, o setor de comércio e serviços com 37,8% e o setor rural que apresenta 13%. Nesse contexto, foi evitado a emissão de 1,1 milhão de toneladas em GEE.

Figura 2: Geração FV no Brasil



Fonte: ABSOLAR (março/2021)

No Brasil apesar de nossa matriz energética ser em sua maioria renovável, composta por 59,8% produzida por recursos hídricos, que totaliza 109.301 MW, segundo dados da ABSOLAR (2021), verifica-se grandes dificuldades na implantação de novas usinas hidrelétricas.

De acordo com Costa (2018) apud LAMBERTS (2007), por questões técnicas, financeiras, territoriais e ambientais, contribuindo com o crescimento acentuado do uso de geração FV nos últimos anos, que aumentou de 7917 MW entre os anos de 2016 a 2021, contabilizando a geração centralizada (GC) e a geração distribuída (GD).

1.2 Geração fotovoltaica

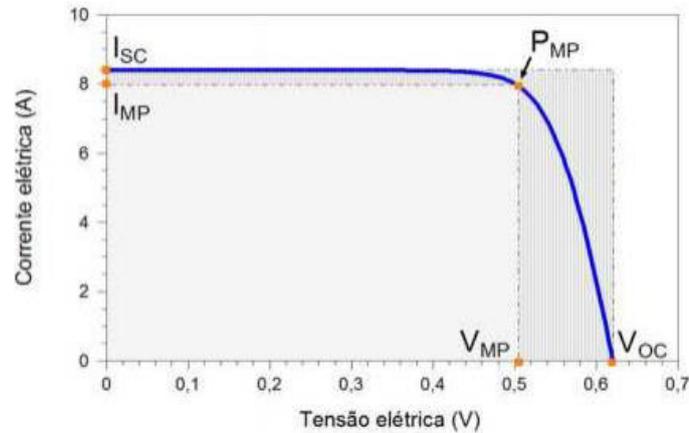
O efeito FV, segundo Nascimento (2017) foi descoberto em 1839 por Edmond Becquerel, que consiste na conversão dos raios solares em energia elétrica, onde a radiação provoca uma diferença de potencial na célula FV, que são compostas por materiais semicondutores, como o silício previamente purificado e dopado.

De acordo com Silva (2018) apud Carneiro (2010), os parâmetros pertinentes a cada célula FV são: a potência máxima de pico (Pmp), tensão de circuito aberto (Voc), Corrente de curto-circuito (Isc) e Eficiência (η).

Conforme Serrão (2010), a Potência máxima de pico (PMP) é o valor informado pelos fabricantes como a potência nominal do módulo operando para uma radiação de 1000 W/m^2 , que equivale a um dia ensolarado, por isto os módulos apresentam geração com valores inferiores a sua potência nominal.

Através da figura 3 é possível identificar que para o valor da corrente de curto-circuito (Isc) e para a Tensão de circuito aberto (Voc), o valor da potência máxima de pico será zero.

Figura 3: Corrente em função da tensão aplicada em célula FV.



Fonte: Silva (2018) apud PINHO; GALDINO (2014)

Em 2015 na Noruega foi feito um estudo em ZEB para analisar as formas de implantação de FV, solar térmica e módulo FV/Térmica, de acordo com a aplicabilidade de cada método, pois com o crescimento de ZEB verifica-se um aumento na procura de implantação de sistema FV, mas nem todas as edificações possuem área suficiente para a implantação, necessitando de outras tecnologias (Good, 2015).

1.3 Geração Distribuída

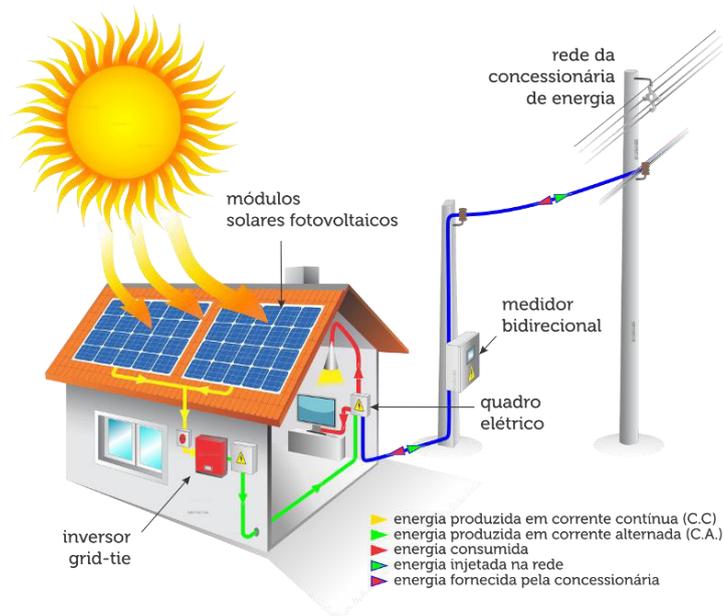
Segundo a ANEEL (2019) para a GD existe uma categorização da geração de acordo com a potência instalada. Segundo as regras, que começaram a valer em 1º de março de 2016, é permitido o uso de qualquer fonte renovável, além da cogeração qualificada.

denominando-se microgeração distribuída a central geradora com potência instalada até 75 quilowatts (KW) e minigeração distribuída aquela com potência acima de 75 kW e menor ou igual a 5 MW, conectadas na rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras. ANEEL (2019).

Para utilizar a energia produzida pelos painéis FV, pode-se adotar o sistema *On-Grid*, que possui conexão com a rede elétrica de energia através do medidor de energia bidirecional, que realiza a medição da energia elétrica gerada e da energia

consumida pelo cliente, de forma que seja compensada a geração, conforme Figura 4.

Figura 4: Esquema de ligação sistema FV *On Grid*



Fonte: SEBRAE (2021)

A ANEEL implementou medidas através da RN 482/2012 para a GD, que permitem a implantação de um sistema de GD em residências, empreendimentos de múltiplas unidades consumidoras e geração compartilhada entre vários clientes. Além da compensação em relação a energia elétrica entregue a rede da concessionária, possibilita a geração de crédito quando o valor da energia elétrica consumida for menor do que a energia elétrica gerada, para utilização nos meses seguintes, possibilitando uma compensação de geração de energia elétrica nos meses de menor geração (ANEEL, 2012).

Através da RN 482/2012, o mercado de geração FV se expandiu, desde 2012 foi acumulado 19 bilhões em investimento por distribuidores, gerando 110.000 novos empregos e criando um novo segmento de mercado e incentivando o crescimento de GD no Brasil (ANEEL, 2012).

Com o aumento do consumo de energia elétrica no Brasil, além de ser essencial a participação de fontes renováveis como FV e Eólica na expansão da

matriz energética, se faz necessário uma análise mais aprofundada sobre o uso da energia elétrica através da eficiência energética para desafogar o processo de geração.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 OBJETIVOS GERAIS

Realizar comparação da certificação *Zero Energy* da GBC Brasil e do método utilizado para classificação de ZEB do DOE dos EUA.

1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Realizar análise comparativa de 5 edificações *Zero Energy* da GBC Brasil, avaliando a eficiência energética implementada e o cálculo da fonte de energia, para classificar as edificações segundo o DOE dos EUA. Utilizando para isto dos valores de consumo e geração FV anual das edificações.

1.4.3 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho está dividido em introdução e 4 capítulos, organizados para se compreender os conceitos, a aplicação dos métodos e a análise das edificações estudadas.

No capítulo 2 é apresentado o conceito de ZEB, mostrando a construção histórica do tema e abordando os casos de sucesso de ZEB.

No capítulo 3 é feita a descrição do processo de aquisição da certificação *Zero Energy* da GBC Brasil e é feita a caracterização das edificações certificadas.

No capítulo 4 é apresentado o método utilizado pelo DOE dos EUA, mostrando os aspectos necessários para aquisição do selo ZEB e as edificações *Zero Energy* são analisadas de acordo com o método do DOE.

No capítulo 5 se encontram as conclusões do trabalho.

2 ESTADO DA ARTE: EDIFICAÇÕES DE ENERGIA ZERO

Neste capítulo são apresentados os conceitos referentes ao histórico e construção conceitual das Edificações de Energia Zero, estudo elaborado através da análise histórica da eficiência energética e as políticas e diretrizes de cada país ao adotar métodos e alternativas para a implantação de ZEB (*Zero Energy Building*).

2.1 Políticas de eficiência energética no Brasil

O processo para implantação de eficiência energética das edificações no Brasil, iniciado pelo Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL), que foi criado pelo Ministério de Minas e Energia (MME) e executado pela Eletrobras, instituído através da portaria 1877/1985, que tinha como objetivo a eficiência dos bens e serviços e adotar práticas de consumo consciente em suas áreas de atuação: equipamentos, edificações, poder público, indústria e comércio e conhecimento, contabilizando de 1986 a 2017 uma economia de 128,6 bilhões de KWh (PROCEL, 2021).

No Brasil o início do processo de implantação de políticas nacionais de eficiência energética a partir do PROCEL, ocorreu através das concessões realizadas no setor de distribuição onde foi identificado pelo governo a necessidade de implementar diretrizes de eficiência energética a ser seguidas pelas concessionárias de distribuição de energia elétrica, para garantir eficiência energética nos processos de distribuição e controle no uso de energia elétrica (PROCEL, 2021).

Os Contratos de concessão de 1995 traziam cláusulas específica onde a Concessionária deveria apresentar "plano de ações visando ao incremento da eficiência no uso e na oferta de energia elétrica, no qual deve constar, obrigatoriamente, ações voltadas para a orientação do uso racional de energia elétrica por seus consumidores e plano de utilização integrada de recursos na oferta". (ANEEL, 2021)

A lei de eficiência energética no Brasil, Lei nº 10295/2001 é um marco regulatório utilizado para estabelecer os parâmetros para o consumo de energia elétrica de equipamentos eletrônicos e assegurar a segurança energética nacional,

que fora de grande atenção nacional devido o apagão de 2001, assim como estabelecer obrigações para que o governo por meio de incentivos fiscais promova o uso racional de energia elétrica, adote metas para cumprimento da lei e também prevê penalidades para possíveis omissões governamentais na eficiência energética, estabelece que com o apoio do INMETRO, PROCEL e CONPET para apoio técnico deve ser constituído um comitê de acompanhamento CGIEE, com membros do MME, Ministério da ciência e tecnologia (MCT), ANEEL, Ministério do Desenvolvimento e Agência Nacional de Petróleo (ANP) (Haddad, 2002).

2.2 Eficiência Energética para edificações

As edificações nos últimos tempos apresentaram elevado crescimento nos espaços urbanos para os mais diversos usos, residenciais, comerciais e industriais, sendo necessária uma análise do consumo de energia elétrica desses empreendimentos, através da eficiência energética de maneira a otimizar os processos, reduzir o consumo desnecessário garantindo o mesmo conforto aos usuários.

Segundo Cooper (2012), a concepção e projeto do edifício, envolvendo temas como localização, orientação, avaliação de materiais, equipamentos e a automação da operação das edificações, são determinantes no consumo energético ao longo da vida útil. Decisões envolvendo esses aspectos devem permear os projetos de engenharia e arquitetura de modo a proporcionar conforto e eficiência energética.

2.2.1 Cenário Mundial

As edificações, segundo LIU (2014), foram responsáveis por 40% do consumo de energia elétrica mundial e foram responsáveis pela emissão de 40% do CO₂ no ano de 2018, e com o crescimento de países em desenvolvimento que possui grande parte da população ascendendo socialmente, promove maiores demandas para o setor de construção, como na China o setor de construção é responsável por 44,7% do consumo de energia elétrica e 1/3 das emissões de GEE.

Com as diversas previsões de que o consumo de energia elétrica em edificações deve aumentar, intensifica-se a busca por utilizar padrões construtivos, plano de desenvolvimento sustentável através de edifícios verdes e edifício de baixa emissão de carbono. Na China, por exemplo é previsto que o consumo de energia elétrica deve dobrar até 2050 (LIU, 2014).

Segundo Choongwan (2017), existem outras formas de utilização da energia elétrica baseada na eficiência energética para se reduzir a utilização de energia elétrica principalmente nos processos de climatização de ambientes.

Além disso, verificar a necessidade do uso combinado de estratégias como o uso da iluminação natural, a adoção de alto isolamento das edificações, o uso de equipamentos que seja verificada alta eficiência.

Nos EUA através da comparação de desempenho energético para edificações, segundo dados do CBCS (2021), entre 2008 a 2011, foi verificado uma redução de 7% no consumo de energia elétrica das edificações comerciais. Demonstra-se assim uma tendência de melhoria de eficiência energética nas edificações ao longo dos anos através do uso de eficiência energética.

2.2.2 Cenário no Brasil

As políticas adotadas no Brasil para promover eficiência energética em edificações foi iniciada segundo Costa (2018) apud Brasil (2014) através da ENCE, instituída pela portaria 164/2012 do INMETRO, foram aplicadas no Brasil diretrizes de conservação de energia elétrica nas edificações, para assegurar transparência e critério sobre o grau de conservação de energia elétrica que uma edificação apresenta.

Segundo a Instrução Normativa n.02 de 4 de junho de 2014 do Governo Federal, as edificações públicas devem ser submetidas à Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) e ao Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE). A instrução normativa está presente tanto para a compra de equipamentos públicos como para a execução de retrofit e no projeto de novas edificações públicas.

Para que seja concedida a ENCE a edificação deve ser inspecionada segundo a RAC, institucionalizada através da portaria nº 50/2013 do INMETRO, que determina que a edificação esteja de acordo com o RTQ-C.

O INMETRO através da Portaria 372/2010 criou o RTQ-C, programa destinado a especificar requisitos técnicos e métodos para classificação de edifícios em relação a eficiência energética. O RTQ-C, utiliza três categorias para classificar o nível de eficiência energética: Envoltória, Sistemas de iluminação e Sistemas de Condicionamento de Ar. O uso de energias renováveis é bonificado quando atinge economia de 10% no consumo anual de energia elétrica do edifício (PBE EDIFICA, 2010).

A partir da Lei nº 10295/2001 foi criado o PBE EDIFICA, institucionalizado através do Decreto nº 4059/2001, criado através do CGIEE, com abordagens direcionadas especificamente para edificações através do GT-Edificações, com o objetivo de discutir as questões técnicas pertinentes aos indicadores de eficiência energética no Brasil. Além disso, visava a adoção de método para implementação da Lei nº 10295/2001 (PBE EDIFICA, 2010).

O PROCEL EDIFICA foi criado em 2003 pela ELETROBRAS/PROCEL, objetivando o uso racional de recursos naturais e a conservação do meio ambiente, atuando nas vertentes: Capacitação, Tecnologia, Disseminação, Regulamentação, Habitação, Eficiência Energética e Planejamento.

Através do programa o PROCEL estima que um potencial de redução do consumo de energia elétrica de 50% para novas edificações e de 30% para as edificações que adequem suas instalações visando eficiência energética (PROCEL EDIFICA, 2021).

As certificações utilizadas no Brasil incentivam o uso da eficiência energética em edificações, como o selo *Leadership in Energy and Environmental Design* (LEED) que é utilizado em 160 países, com mais de 170 mil m² certificados diariamente.

A certificação *LEED* apresenta modelos para utilização em todas as etapas da construção das edificações, desde o projeto, execução de obra e operação da edificação e pode ser empregado em novas construções, design de interiores, edifícios existentes e bairros (GBC Brasil, 2021).

As ações apontadas pela certificação LEED, visam inovação, eficiência do uso da água, reciclagem e economia de energia elétrica. Através de um sistema de pontos é verificado o potencial ecológico de cada edificação, avaliados em várias categorias, localização e transporte, espaço sustentável, eficiência do uso da água, energia e atmosfera, materiais e recursos, qualidade ambiental interna, inovação e processos e créditos de prioridade regional (GBC Brasil, 2021).

As categorias de pontuação do selo LEED vão do *Certified*, que apresenta entre 40 a 49 pontos, o *Silver* que apresenta entre 50 a 59 pontos, o *Gold* que apresenta de 60 a 79 pontos e o *Platinum* que apresenta mais que 80 pontos resultando em uma economia média de energia elétrica de 30% (GBC Brasil, 2021).

A CAIXA possui o selo Casa Azul, com critérios de avaliação e categorização semelhantes ao selo LEED, visa incentivar o uso de soluções urbanísticas e arquitetônicas de qualidade e uso adequado de recursos naturais nos empreendimentos habitacionais da CAIXA (CAIXA, 2020).

2.3 Edificações de Energia Zero

A denominação *Zero Energy Building* (ZEB), ou Edificações de Energia Zero (EEZ), são siglas amplamente utilizadas em trabalhos de P&D como uma forma geral de descrição para esse tipo de proposta de edificação, que englobam *Nearly Zero Energy Building* (nZEB), que são Edificações de Energia Quase Zero, e também *Net Zero Energy Building* (NZEB), que consiste em Edificação de Energia Líquida Zero.

Essas denominações foram empregadas em alguns países no mundo, para representar conceitos adotados de acordo com as políticas implementadas em cada país ou organização mundial.

A origem do termo ZEB foi proposta em 1970, sendo definida como uma edificação que deveria ser aquecida em todo inverno sem utilizar energia elétrica artificial e utilizando como fonte, a geração solar.

Segundo Zhijian Liu et al apud Esbensen et al (2014), de forma que a definição passou por diversas transformações e adaptações para se moldar a realidade da sociedade, como é possível identificar com o nZEB adotado na União Europeia (UE),

o NZEB utilizado como denominação nos EUA e as edificações com emissão zero na Austrália, de forma que o ponto comum entre todas essas definições é a não utilização de combustíveis fósseis, utilizando fontes de geração renovável e a otimização dos recursos energéticos através da eficiência energética.

De acordo com EPBD (2021), que exige que os novos edifícios de 2021 e os edifícios públicos de 2019, apresentem nZEB, conceitua-se como uma edificação com desempenho energético elevado e a quantidade de energia elétrica demandada pela edificação deve ser nula ou quase nula, onde a energia elétrica utilizada deve ser produzida através de fontes de energia renováveis, além disso não existe um padrão que possa ser definido e aplicado por todas as edificações, tornando o conceito adaptável as condições climáticas locais, processos construtivos adotados e demais metodologias em cada estado pertencente a UE.

O conceito de *Net energy* “energia líquida”, consiste na comparação do montante de energia elétrica produzido através de uma fonte de energia renovável, em sua maioria através de FV, e a demanda de uma edificação, de forma que a sigla Net-ZEB (NZEB), parte desse pressuposto em suas análises e direcionamentos. (Choongwan et al, 2017).

Nos EUA, através da Lei de independência e segurança energética foram assegurados padrões para as edificações NZEB. As edificações deveriam reduzir de forma significativa o uso de energia elétrica no período de operação, otimizar o uso de fontes de energia elétrica que não emitam GEE e que sejam financeiramente viáveis (Choongwan et al, 2017).

O Departamento de Energia dos EUA e o Laboratório Nacional de Energia Renovável divulgaram uma definição de ZEB como edificações que possuem eficiência energética em seus protocolos e consomem menos energia elétrica de fontes renováveis com base na energia primária (Zhijian Liu et al, 2014).

Conforme Zhijian Liu e col. (2014), internacionalmente foram adotadas medidas para implementação da ZEB, como os EUA, que através da ordem executiva 13514 exige que os edifícios sejam NZEB até 2030. A UE, possui a EPBD que determina que os edifícios sejam nZEB até 2020. No Reino unido todos os novos edifícios residenciais e comerciais deveriam ser Edifícios com Zero Carbono até 2016.

O projeto UE ZEBRA2020, padroniza as definições construtivas de forma qualitativa e quantitativa, para as quatro categorias das edificações nZEB: NZEB, nZEB, edificações com performance energética superiores aos padrões nacionais exigidos em 2012 e novas edificações que adotam os padrões nacionais exigidos em 2012, utilizando como parâmetro a análise dos gráficos de radar (UE ZEBRA, 2020).

Segundo PROCEL, no Brasil as edificações residenciais e comerciais representam cerca de 50% do consumo de energia tornando a implementação de edificações ZEB no Brasil vantajosa.

De acordo com Costa (2018), além de garantir uma redução na necessidade de expansão da geração hidrelétrica e desta forma promover a preservação ambiental, também consiste na possibilidade de uma evolução no processo de geração brasileiro, que consiste em sua maioria em usinas de geração hidrelétrica distantes dos grandes centros populacionais, desta forma descentralizando a geração e auxiliando na redução da necessidade de constante expansão nas redes de transmissão e distribuição.

No contexto mundial, discutem-se possibilidades de implementação de edifícios de balanço energético nulo ou próximos a zero [*Zero Energy Building*] como uma alternativa à diminuição da demanda de energia elétrica, principalmente de energias de fontes não renováveis, como derivados de petróleo, carvão mineral, gás etc (COSTA; 2018 apud TORCELLINI; 2009). Além disso, como a produção de energia da edificação NZEB deve ser interna ou próxima ao local projetado e vinda de fonte renovável, o impacto ambiental na geração e produção de energia diminui com a sua implantação (COSTA; 2018 apud KURNITSKI et al.,2011).

Uma política importante para incentivo da ZEB no Brasil foi lançada pela Eletrobras em 2019, através do PROCEL Edifica, uma chamada pública para incentivo de uso de edificações NZEB, adotando como premissas para os beneficiários selecionados a contribuição para a construção de edificações NZEB em locais estratégicos ao longo do país.

Além disso o PROCEL Edifica também visa ampliar o P&D em NZEB, adotar método para etiquetar edificações de acordo com o desempenho energético, verificar a viabilidade técnica de construção da edificação nos moldes apontados e operação e manutenção das edificações planejadas, para a chamada é fornecido aos beneficiários o auxílio de 1 milhão de reais para a construção de uma edificação NZEB.

2.4 CASOS DE SUCESSO DE ZEB

2.4.1 Cenário mundial

Os modelos internacionais de utilização de ZEB e NZEB foram implementados seguindo alguns padrões de acordo com o clima e com as políticas energéticas dos países, como o estudo na China a respeito da utilização de uma ZEB, demonstra que a estratégia de utilização de telhados reflexivos pode não ser uma boa alternativa se combinados a sistemas FV (LI, 2013).

Na Espanha, através da ZEB foi aplicado um método de avaliação de emissão de CO₂ em escolas, para auxiliar a tomada de decisão na construção de novas escolas. É aplicado o modelo em duas escolas, utilizando a ferramenta School Energy-ACT, e verifica-se a possibilidade de adaptação do método para diferentes contextos, apresentando um potencial de 85% de acurácia (Lizana, 2018).

Na Espanha, outro estudo visa implementar a ventilação natural em escolas de forma que mesmo quando as perdas de calor devido ao funcionamento no inverno são levadas em consideração, o consumo de energia elétrica durante o ano letivo é claramente menor do que quando é utilizado um Sistema de Ventilação Mecânica. A economia de energia primária fica na faixa de 18–33% com o sistema de ventilação natural, mantendo os níveis de conforto da sala de aula (Baez, 2017).

Na China um estudo analisa os impactos da aplicação de nZEB projetando os valores de acordo com uma revisão histórica dos métodos de construção tradicionais adotados nos últimos 30 anos (1986-2016) comparados com edificações nZEB (Yang, 2018).

No estudo de Yang (2018) foram usados parâmetros como o método de construção, isolamento, materiais adotados e economia de energia e, para projetar o consumo das edificações de 2025 a 2050, que em um cenário agressivo na implementação, as edificações pode apresentar em 2050 um potencial de redução de 9380 milhões de tec em emissões de GEE (Yang, 2018).

Em 2015 na Coreia do Sul foi estudada a aplicação do Programa de aquecimento e resfriamento solar da IEA, onde consta método de instalação FV, tipo de célula FV utilizada e geração de energia e eletricidade, utilizando em sua maioria FV. Os resultados verificam que 14 dos 27 casos os sistemas apresentaram geração superior a demanda necessária para a edificação (Kim, 2015).

Em 2010, um estudo levantou os principais aspectos adotados na literatura para a aplicação de ZEB em uma edificação. De forma que a análise envolvia os aspectos de eficiência energética como a métrica, o período e os tipos de energia incluídos no balanço energético, e na geração apontando as opções de fornecimento de energia renovável (Marszal, 2010).

Além disso o estudo também analisava o detalhamento das conexões com a infraestrutura energética das concessionárias, o clima interno, disponibilidade e condições físicas para implantação de um sistema FV e os requisitos de interação edifício-rede são os mais questões importantes (Marszal, 2010).

Na China foi implementando uma ZEB utilizando o design das edificações, buscando atingir níveis de troca de calor favoráveis para o uso na climatização e aproveitamento da iluminação solar. O governo chinês também buscou por meio de incentivos fiscais expandir o uso de nZEB em locais estratégicos como Pequim, Hebei e Shandong (Liu, 2019).

De acordo com Wiberg (2014), discute a possibilidade de implementação de uma nZEB, utilizando como parâmetros o cálculo da emissão de GEE para uma residência padrão norueguesa e através da análise foi constatado que o uso de FV nas edificações era suficiente para a redução de GEE proporcional, também aponta que apenas no inverno verifica-se a necessidade de importação de energia elétrica da rede.

Um estudo analisa o potencial de edificações que participaram da Solar Decathlon Europe 2012, em atingir os objetivos estabelecidos pela UE para nZEB.

Observando fatores previamente estabelecidos pela UE para etiquetar edificações na categoria nZEB, através de parâmetros como as propriedades térmicas do edifício, sistemas de armazenamento de energia térmica e ventilação noturna. De forma que todas as casas analisadas obtiveram valores positivos de balanço de energia e atingiram valores satisfatórios de eficiência energética (UBINAS, 2014).

2.4.2 Cenário no Brasil

Em Brasília um estudo visava apontar as diretrizes arquitetônicas para implantação de ZEB em 240 edificações de até 4 pavimentos. Através das análises arquitetônicas foi simulado o consumo final de energia necessária para os equipamentos eletrônicos, ar condicionados e iluminação (Costa, 2018).

Obtendo como resultado uma redução de 20% através das áreas envidraçadas e na adição de proteções solares e no total o modelo apresentou uma redução em 46% de consumo de energia em relação ao consumo de uma edificação convencional (Costa, 2018).

Um estudo visa projetar a arquitetura de um Galpão Industrial de Reciclagem de vidro em Brasília para torna-lo nZEB, termodinamicamente. O projeto visa minimizar a dependência de energia elétrica do local. Utilizando para o projeto os softwares Design Builder e Revit, que possibilitam uma análise térmica e de iluminação.

Para o Galpão Industrial de Reciclagem, os resultados apontam que 81% das horas ocupadas em conforto térmico, cerca de 80% da área é adequadamente iluminada de maneira natural, indicando uma redução de 71% da demanda energética. Além disso, a geração FV é capaz de suprir 94% da demanda energética do edifício (Faria, 2020).

Um estudo brasileiro tem o objetivo de avaliar o potencial de transformação de edificações convencionais em ZEB, utilizando Fortaleza e Florianópolis que possuem climas diferentes para avaliar as particularidades pertinentes a região (Didone, 2014).

O estudo foi elaborado em três etapas: avaliação do edifício comum utilizado como modelo para implantação, definir um modelo energético de ZEB com base na

política de eficiência energética no Brasil e uma comparação do modelo elaborado de ZEB com o edifício convencional, comparando os dois casos pelo cálculo de balanço energético e térmico do edifício. Além disso para alcançar de fato o ZEB, foi aplicado o *Building Integrated Photo Voltaics* (BIPV), FV integrada a edificação (Didone, 2014).

De acordo com o estudo de Didone (2014) em Fortaleza precisaria de mais módulos FV devido a uma necessidade maior de energia para refrigeração e que ao adotar as políticas do PBE Edifica apresentando um potencial de redução de 50% no consumo de energia.

Em Fortaleza com o intuito de reduzir os custos com o consumo de energia e preservação ambiental, foi implementado um protótipo de ZEB em órgãos públicos através da aprovação na câmara municipal dos projetos de lei nº 316/2019 e nº 317/2019, para uma Parceria Público Privada (PPP), com objetivo de implantação de sistema FV e medidas de eficiência energética (Portal Solar, 2019).

As ações de eficiência energética implementados foram a utilização de lâmpadas LED e equipamentos que apresentem maior eficiência, em escolas e unidades de saúde da rede pública de Fortaleza. Com as medidas de eficiência energética a prefeitura de Fortaleza irá reduzir em 10% os custos com o consumo de energia elétrica, com uma economia de 2,8 milhões (Portal Solar, 2019).

Para a expansão do IFRN foi elaborado um estudo de caso, utilizando o RTQ-C em um local do IFRN, avaliando o estado das usinas de GD e calculando o *Energy PayBack Time*, a *Green House Gas Emission Rate (GHGerate)* e o *Emission PayBack Time* (Constantino, 2019).

As edificações também foram etiquetadas de acordo com os critérios da ENCE, de maneira tal que as edificações que obtiveram classificação mais alta nos critérios da ENCE obtiveram maior redução consumo de energia elétrica (Constantino, 2019).

A Geo Energética é uma empresa sustentável localizada Tamboara-PR, em 2011 construiu um sistema biotecnológico para obtenção de biogás através de resíduos orgânicos, como a palha de cana provenientes da Usina Coopcana. Em 2017, a Geo Energética recebeu a certificação *Zero Energy* da *Green Building Council Brasil* (GBC Brasil, 2019).

Em 2020, a Creche Municipal Hassis localizada em Florianópolis-SC, possui 254 m² de área útil, recebeu a certificação *Zero Energy* da GBC Brasil. A creche utiliza um sistema FV on-site, de acordo com figura 5, que apresenta produção de 2360 kWh mensais e 28320 kWh anuais, com um percentual de economia de R\$ 17.400,00 (ENGIE, 2021 e GBC Brasil, 2019).

Figura 5 – Sistema FV da Creche Municipal Hassis



Fonte: ENGIE (2021)

No prédio do SEBRAE em Fortaleza, foram empregadas ações de sustentabilidade e eficiência energética, através da atualização das instalações elétricas, utilização de medidas arquitetônicas para aumentar a iluminação dos ambientes, também substituíram as lâmpadas comuns por lâmpadas LED, onde foi verificado uma redução 55% no consumo de energia elétrica.

No SEBRAE também atualizaram o sistema de climatização, que além de promover a redução no consumo, melhorou o conforto para os usuários. Além disso, foi instalado um sistema de geração FV, conforme figura 6, para utilização para uso no sistema de iluminação do prédio, essa mudança promoveu a redução de 35,5% do consumo de energia elétrica. Através dessas mudanças o prédio garantiu a certificação LEED *Silver* e a certificação do PROCEL Edifica (Sebrae, 2020).

Figura 6 – Sistema FV do SEBRAE



Fonte: SEBRAE (2021)

Conforme os casos apresentados, verificamos a importância do investimento e inovação em ZEB no setor de construção e planejamento de edificações, pois estas mudanças podem influenciar de forma positiva no uso consciente de energia e na redução de potencial de consumo de edificações.

3 GBC BRASIL

A *Green Building Council* Brasil (GBC Brasil) é uma instituição que está presente em 80 países e que busca a evolução e sustentabilidade nos processos da indústria da construção civil, buscando utilizar o conceito de *Green Building* “Edificação Verde”.

A GBC Brasil atua nas mais diversas etapas e tipos de construção desde a concepção da edificação até sua operação, garantindo o equilíbrio entre desenvolvimento econômico, impactos socioambientais e uso de recursos naturais. (GBC Brasil, 2021)

A GBC Brasil também promove capacitação profissional através do Programa Nacional de Educação (PNE) com mais de 7000 adesões, também emite certificação utilizada em 143 países, como a certificação LEED, GBC Casa, GBC Condomínio e *Zero Energy*.

3.1 Certificação *Zero Energy*

A GBC Brasil lançou em 2017 a certificação *Zero Energy*, Energia Zero, que tem como objetivo garantir o cumprimento das metas da COP Paris, acelerar a transformação do mercado nacional de eficiência energética e a geração de fontes renováveis (GBC Brasil, 2021).

A GBC Brasil também busca através das certificações gerar novos empregos, desenvolver novas tecnologias e reconhecer a iniciativa de empreendedores, além de promover ambientes mais saudáveis aos ocupantes (GBC Brasil, 2021).

De acordo com as informações do Anexo A, no Brasil existem 52 edificações apontadas pela GBC Brasil como *Zero Energy*. A região que mais apresenta edificações *Zero Energy* é a Sul com 78,84%, seguida pela região sudeste com 17,3%. Nas regiões nordeste e centro-oeste apresentam 1,92% cada e a região Norte não possui Edificação *Zero Energy* (GBC Brasil, 2021).

De acordo com Didone (2014), o desafio para implantação de uma ZEB na região Norte e Nordeste é devido à maior necessidade de uso de equipamentos de climatização pelas elevadas temperaturas ao longo do ano, necessitando de

sistemas FV superdimensionados para a demanda das edificações (GBC Brasil, 2021).

Para iniciar o processo de aquisição do selo *Zero Energy* é necessário realizar o preenchimento de uma ficha de inscrição e um *check-list*, de acordo com o Anexo B e C, respectivamente. Na primeira etapa da ficha de inscrição são informados os dados da edificação, proprietário, local, construtora, status das etapas do empreendimento e a empresa responsável por cada etapa.

A etapa seguinte é a de avaliação de qualificação, que verifica a área total da edificação e nos casos onde parte da área certificada, deverá ser informando a área que se deseja certificar.

Na ficha também deve ser informado o tipo do empreendimento Residencial, Comercial, Público e Industrial, também deve ser informado o perfil do empreendimento se Empreendimento *On-Grid*, *Off-Grid*, Novo, Existente e *Retrofit* (GBC Brasil, 2021).

Na etapa de avaliação de qualificação também é avaliado se a edificação está de acordo com os critérios para a certificação que são: Operação mínima de 12 meses, ocupação mínima de 50% da área, 90% das áreas devem ser medidas, para edificações não residenciais é exigido 100 m² de área mínima exigida, para condomínios a área deve ser de no mínimo 30% da área total e atendimento a legislação local (GBC Brasil, 2021).

Em seguida tem a etapa das fontes de energia, que possui as seguintes categorias: fontes de energia, fontes de energia renovável e crédito de energia, que fica limitado a 10% do total.

Para as fontes de energia, deve ser informado o consumo de energia elétrica total utilizado em um ano (kWh/ano). As fontes podem ser a concessionária de energia elétrica, gerador a diesel ou gerador a biodiesel fica limitado a 5% do total, Gás natural e GLP que fica limitado a 5% do total.

Para as fontes de energia renovável devem ser informados a geração em kWh e o tipo: Geração FV *on-site*, que seria a geração dentro da área da edificação, ou Geração *off-site*, que consiste na geração fora da área da edificação. Também possui a Geração eólica *on-site* ou *off-site*, Geotérmica ou Biomassa.

Por fim, deve ser informado o valor utilizado para Certificados de Energias Renováveis (REC), limitados a 10% do total e verificado se o somatório de fontes renováveis, do REC e do consumo de energia elétrica, apresentam balanço energético nulo (GBC Brasil, 2021).

A próxima etapa é a de estratégias de eficiência energética para edifícios com geração de energia renovável *off site*, caso o empreendimento possuir geração de energia *off-site* é necessário informar os métodos de eficiência energética adotados pela edificação, como uso de lâmpadas LED, bombas e motores com selo PROCEL A, vidros de alta performance, pinturas refletivas, automação de sistemas, ar condicionado inverter, películas de controle solar etc.

Além disso, também deve ser verificado se a edificação que abrigará o sistema *off-site* possui alguma certificação de performance energética, como PBE Edifica e Selo LEED e o consumo da edificação (GBC Brasil, 2021).

O critério seguinte é o de uso banco de baterias em empreendimentos off grid, ou seja não conectada a rede de distribuição da concessionária, deve ser informado a quantidade de devem ser informados a quantidade de kWh/ano da geração através de banco de baterias, de gerador a diesel, GLP e Biodiesel limitados a 5% do total (GBC Brasil, 2021).

As Etapas que classificam a edificação para alcançar o selo *Zero Energy*, são a avaliação de qualificação, estratégias de eficiência e eficiência energética para edifícios com geração de energia renovável *off-site*, e por fim o uso de energia fóssil ou baterias em empreendimentos off grid (GBC Brasil, 2021).

3.2 Caracterização das edificações certificadas com o Selo *Zero Energy*

Neste tópico iremos caracterizar o perfil das edificações *Zero Energy*, de acordo com os dados apresentados através do anuário da GBC Brasil, com exceção da SECONCI, que os dados foram fornecidos pela Construtora Petinelli, de modo que foi possível analisar todo o processo de redução de consumo ao longo dos anos, além da energia elétrica gerada ao longo do ano de 2020.

Neste tópico serão caracterizadas cinco edificações *Zero Energy*, sendo três na região Sul que são: SECONCI, Paola & Panasolo Sociedade de advogados,

Petinelli Curitiba, uma na região Sudeste que é a Lar Verde Lar e uma na região Nordeste, que é a Camisas Polo Salvador.

3.2.1 SECONCI

O Serviço Social do Sindicato da Indústria da Construção Civil no Estado do Paraná (SECONCI-PR) é uma entidade sem fins lucrativos e de utilidade pública que presta serviços de assistência social, assistência preventiva à saúde, medicina ocupacional e segurança do trabalho as empresas do ramo de construção civil.

A empresa é localizada em Curitiba-PR e solicitou em dezembro de 2019 o selo *Zero Energy*, através do incentivo do Programa de Eficiência Energética da Companhia Paranaense de Energia (Copel), adquirindo o certificado em dezembro de 2020, além disso possui o selo LEED Platinum (GBC Brasil, 2019).

O sistema FV utilizado pela SECONCI, apresenta 280 placas FV, com capacidade de geração de 92,4 KWp de potência, conforme figura 7.

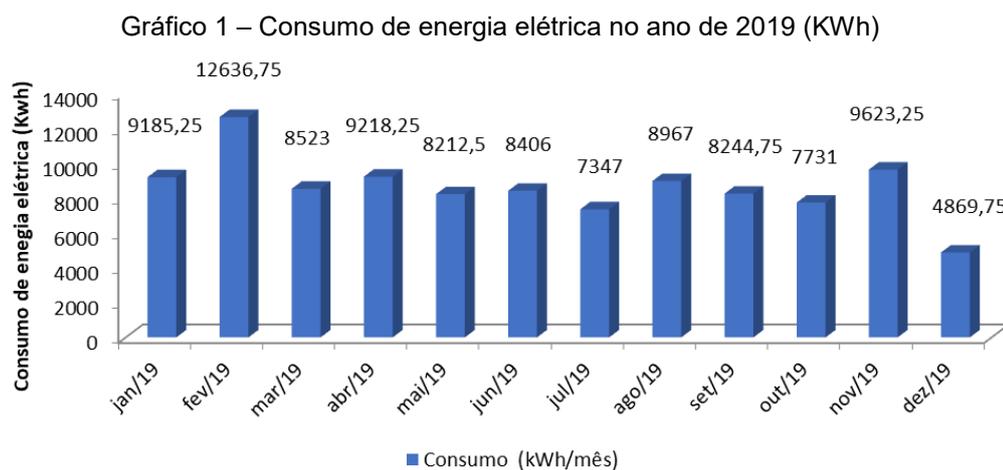
Figura 7 – Sistema FV SECONCI



Fonte: SECONCI-PR

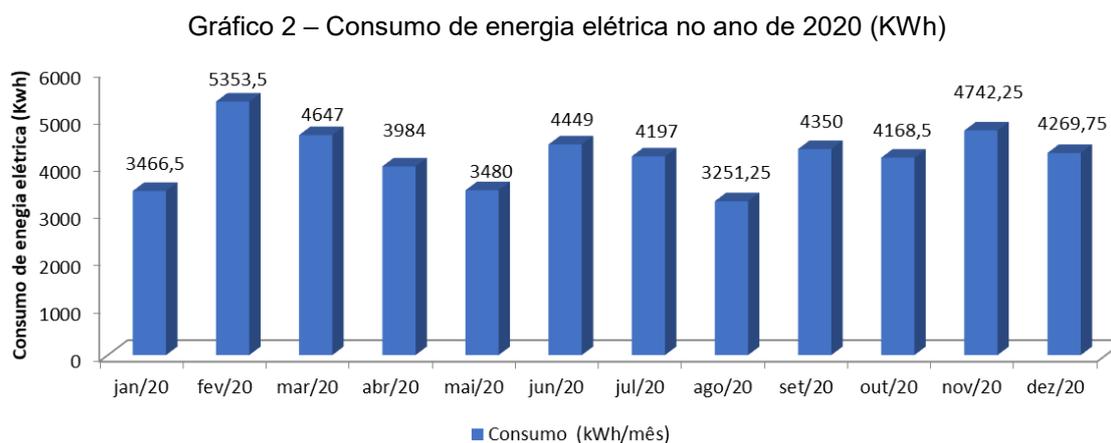
O processo de eficiência energética na iluminação é verificado através do uso de lâmpadas de alta eficiência, com 147 lâmpadas tubo LED 18W. Para a climatização a SECONCI, utiliza 6 slip inverter Hiwall 24000 BTU, que apresentam alto grau de eficiência, segundo dados apontados pela Petinelli.

No gráfico 1 observam-se os valores de consumo de energia elétrica da SECONCI no ano de 2019. O Consumo anual de energia elétrica em 2019 foi de 102.964,5 kWh, com média mensal de 8.530,38 kWh.



Fonte: Petinelli

No gráfico 2 observa-se o consumo de energia no ano de 2020, que apresentou queda em relação a 2019, com consumo total de energia elétrica de 50.538,75 kWh e média mensal de 4196,56 kWh.

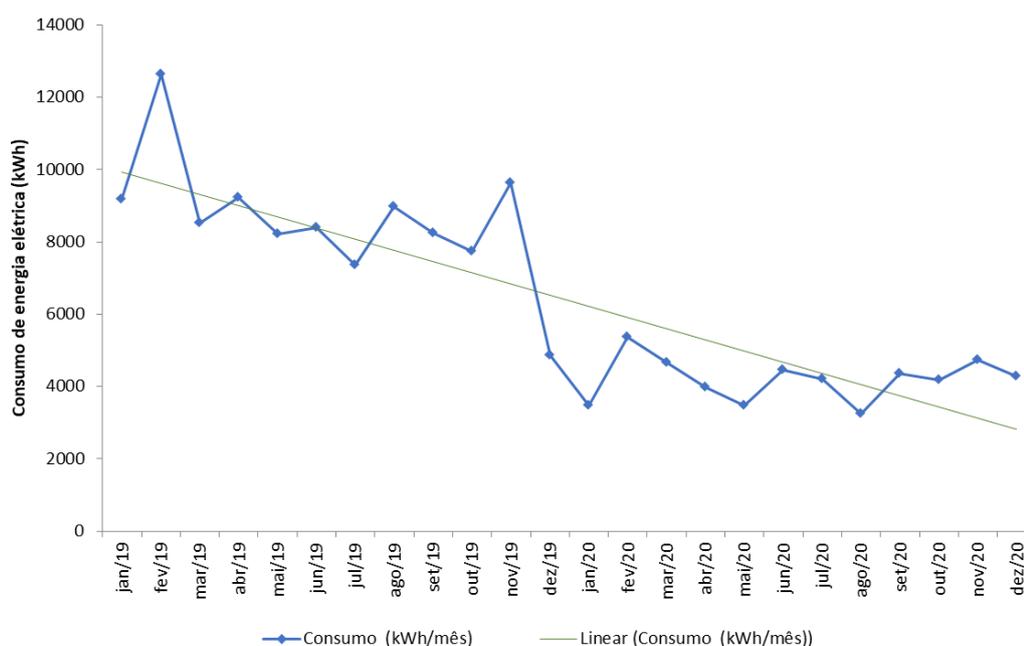


Fonte: Petinelli

Conforme o Gráfico 3, pode-se observar de acordo com a linha de tendência, a redução do consumo entre 2019 e 2020, o consumo de energia elétrica total teve

uma redução de 51,09% e o meses que apresentaram maior redução no consumo foram janeiro com 62% e agosto com 64%.

Gráfico 3 – Consumo de energia elétrica total (KWh) da SECONCI (2019/2020)



Fonte: Petinelli

Além das medidas implementadas para eficiência energética, iniciadas a partir de dezembro de 2019, também é importante salientar o impacto da pandemia do COVID-19 na redução do consumo de energia elétrica.

A SECONCI reduziu o número de funcionários no escritório a partir de março de 2020, coincidindo com parte do período de medição para certificação, de dezembro de 2019 a dezembro de 2020.

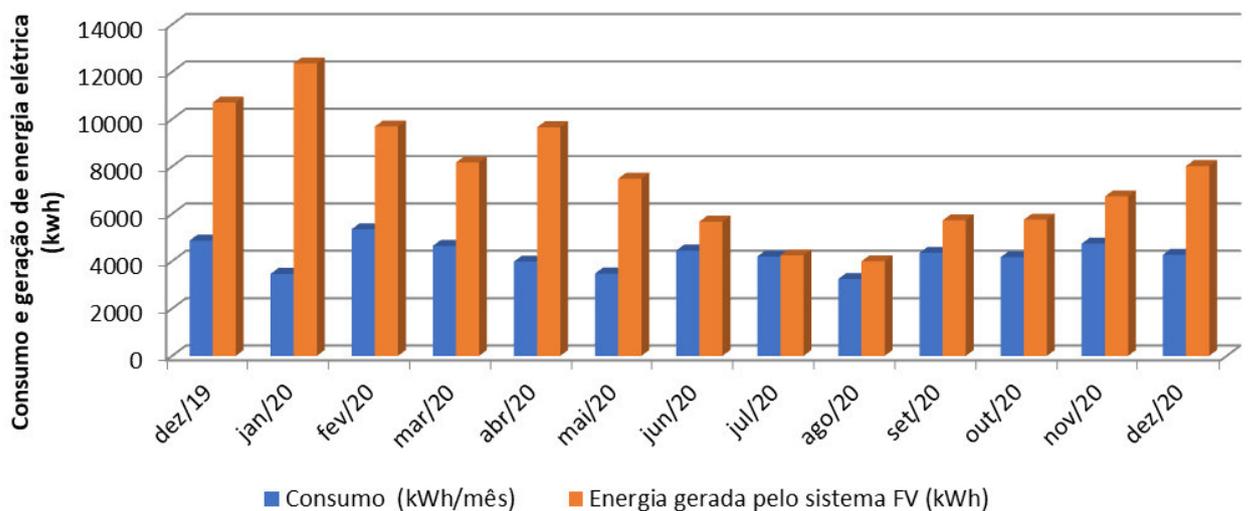
No mês de dezembro de 2019, foram iniciadas as medidas de eficiência energética para aquisição da certificação. Neste mês o consumo de energia elétrica foi de 4869,75 kW e em dezembro de 2020, quando as medidas já estavam implementadas e foi reduzido o número de funcionários por conta da pandemia do Covid-19, o consumo foi de 4269,75 kWh, com uma diferença de 12%.

De acordo com Geraldi (2021), o impacto do *lockdown* e de demais medidas para o combate ao Covid-19 em edificações administrativas pode apresentar uma redução no consumo de energia elétrica de até 38,6%.

A SECONCI apresentou redução superior ao valor apresentado no estudo de Geraldi (2021) com redução no consumo de 51,09%. Além disso, a SECONCI estuda permanecer com parte dos funcionários trabalhando de forma remota para manter o consumo reduzido, após a pandemia.

A partir de Dezembro de 2019 foi iniciado o processo de medição dos valores de consumo e geração de energia elétrica, conforme o Gráfico 4, que apresenta o valor de energia elétrica consumido e o de energia elétrica gerada pelo sistema FV.

Gráfico 4 – Consumo faturado de energia elétrica e energia injetada na rede (KWh)



Fonte: Petinelli

Através do gráfico 3 observa-se a geração de energia de dezembro de 2019 a dezembro de 2020, com total de 98.219 KWh e média de 7555,30 kWh.

O valor de consumo total no mesmo período foi de 52.228,5 kWh, com média de 4248,34 kWh. Conforme podemos observar no Gráfico 3, a SECONCI no ano de 2020 apresentou em todos os meses valor de energia elétrica gerada superior ao valor de energia consumida.

3.2.2 Paola & Panasolo Sociedade de advogados

Em 2018 o Escritório de advogados Paola & Panasolo Sociedade de advogados (DP&P Advogados), recebeu o selo *Zero Energy* da GBC Brasil, localizado em Curitiba-PR, com área de 500 m², o escritório apresentava estratégias de eficiência energética, como utilização de lâmpadas led e climatização utilizando ar condicionado do tipo inverter, que através do controle de temperatura implementado pode garantir um potencial de redução de consumo de energia elétrica de até 40% (GBC Brasil, 2019).

A DP&P Advogados também é signatário do Pacto Global da Organização das Nações Unidas, que dentre algumas iniciativas de sustentabilidade apresenta o Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS) referente a energia limpa e acessível, que visa garantir até 2030 que seja dobrado a taxa global de eficiência energética, garantido o amplo acesso a energia elétrica a preços acessíveis e aumentar de forma substancial o uso de energias renováveis (GBC Brasil, 2019).

O sistema FV do escritório, conforme figura 8, apresenta potência instalada de 14,84 KWp, utilizando placas de silício policristalino em estrutura metálica, apresentando uma geração anual de 16491,1 KWh e apresenta consumo de energia elétrica de 17215,1 KWh, superior ao valor gerado, utilizando REC para complementação da geração com valor referente a 5% do valor da geração, que corresponde a 824,55 KWh, de acordo com os dados do anuário da GBC Brasil (2019).

Figura 8 – Sistema FV utilizado na Paola & Panasolo



Fonte: Imovel Magazine (2020)

3.2.3 Lar Verde Lar

De acordo com a GBC Brasil (2019), a sede da Lar Verde Lar, localizada em Governador Valadares-MG, com 189 m² de área, adquiriu o selo *Zero Energy* em 2018. Para alcançar eficiência energética em seus processos foi utilizado medidas arquitetônicas na edificação para garantir o melhor aproveitamento de iluminação natural e climatização, através da arquitetura bioclimática.

Para a Lar Verde Lar, a arquitetura bioclimática foi utilizada, para intensificar o aproveitamento de iluminação natural, estudando a insolação da edificação e utilizando materiais que apresentem baixa absorção de calor e uso de técnicas como a ventilação cruzada, para reduzir a necessidade de uso de ar condicionado (Piassini, 2019).

O Sistema FV empregado na edificação é de pequeno porte, apresentando 8 painéis FV de Silício Policristalino de 260W, conforme figura 9.

Figura 9 – Sistema FV para a Lar Verde Lar



Fonte: GBC Brasil (2020)

3.2.4 Petinelli

A Petinelli é uma empresa localizada em Curitiba-PR, com área de 1000 m², atua no mercado de edificações sustentáveis para assessorar outras empresas na aquisição de certificações. Em 2019, foi a primeira empresa brasileira a ganhar o

prêmio *Leadership Awards 2019* e a *LEED Proven Provider* do USGBC (*U.S. Green Building Council*), referentes a sua liderança no mercado e por sua excelência em promover mudanças significativas no ramo de edificações sustentáveis (GBC Brasil, 2019).

Em 2018 o edifício da Petinelli adquiriu a certificação *Zero Energy* da GBC Brasil, sendo a 1º edificação no mundo a alcançar essa certificação. O edifício era de 1980 e passou por uma reestruturação para alcançar as exigências requeridas pela GBC Brasil.

A eficiência energética no sistema de iluminação é empregada através de *dimmers* e controlada por foto-sensores que controlam a luminosidade através do ajuste da potência das lâmpadas. Além disso, possui persianas automatizadas para garantir o melhor aproveitamento da iluminação natural e conforto para os usuários.

Para a climatização é utilizado sistema de sensor de presença e controlado por sensores de CO₂ e utiliza um sistema tipo VRF (Fluxo de Gás Refrigerante Variável) como a central de ar condicionado, que apresenta grande eficiência. Também utiliza equipamentos eficientes e não utiliza servidores locais para reduzir o número de equipamentos.

Conforme figura 10, o sistema FV utilizado possui 14 KWp de potência instalada, com painéis de silício policristalino. A geração anual é de 12362 KWh para um consumo anual de 9939 KWh.

Figura 10 – Sistema FV para a Petinelli



Fonte: GBC Brasil (2020)

3.2.5 Camisas Polo Salvador

A Camisas Polo Salvador é uma empresa que fica localizada em Salvador-BA, com 12364,47 m² de área. É um polo fabril com amplo reconhecimento no ramo de roupas e possui capacidade de produção de 2000 peças por dia, sendo a primeira empresa do Nordeste a receber a certificação *Zero Energy* da GBC Brasil.

O Sistema FV utilizado pela Camisas Polo Salvador, de acordo com a figura 11, apresenta geração anual de 17057 kWh. As ações de eficiência energética no sistema de iluminação foram a instalação de sensores de presença e utilização de lâmpadas LED, apresentando consumo anual de 15722 kWh.

Através das medidas implementadas de autossuficiência energética, a empresa conseguiu ser certificada pela ABNT como primeira camisa Zero Carbono do Brasil GBC Brasil (2020).

Um incentivo municipal da prefeitura de Salvador que auxilia na ampliação de edificações de zero energia, foi a criação do Imposto sobre a Propriedade Predial e Territorial Urbana Verde (IPTU Verde), que através da sua certificação própria, concede descontos no IPTU de 5 a 10% e desconto de até 40% na outorga onerosa de novas construções, para incentivar práticas de sustentabilidade e ampliação do uso de geração FV GBC Brasil (2020).

Figura 11 – Sistema FV para a Camisas Polo Salvador



Fonte: GBC Brasil (2020)

4 Conceito de ZEB de acordo com o DOE dos EUA

O conceito de ZEB vem sendo construído ao longo dos anos por diversas vertentes de pesquisa e região. Para os EUA, através do *U.S Department of Energy* (DOE), o conceito de ZEB precisou ser construído através do entendimento de diversos pesquisadores e órgãos governamentais com a liderança do departamento de eficiência energética e energias renováveis do DOE, para se alcançar uma definição consensual e que tivesse condições adequadas para implementação.

O termo ZEB foi originado pela busca da definição que resumisse o conceito, que segundo DOE (2015), poderia ser verificado através de edifícios que produzem energia por fontes renováveis e que apresentem valores de consumo equilibrados, através de processos de eficiência energética, aos valores de produção de energia e que sejam conectados a rede para a devida contabilização da energia entregue e exportada. Para a definição do nome que é empregado para as ZEBs, o grupo de trabalho responsável consultou o *SME* e *Stakeholders*.

No processo para escolha do termo adequado, foi adicionado o termo *Net*, ao termo ZEB, transformando o conceito em Edificações de energia líquida zero, trazendo ao conceito a ideia de edifício sustentável e que consome a energia que produz através de energias renováveis. Entretanto os usuários tiveram dificuldade para entender o significado, e por isso o DOE e o NIBS adotaram o termo ZEB. Entretanto o termo Energia Líquida Zero (NZE), transmite a mesma ideia do conceito empregado para ZEB (DOE, 2015).

Para descrição de empreendimentos de múltiplas unidades consumidoras e que não tinham sido classificados através do termo ZEB foram acrescentadas outras definições, como o Campus de Energia Zero e a Comunidade de Energia Zero (DOE, 2015).

Segundo DOE (2015), existem alguns parâmetros apontados para as edificações classificadas como ZEB, para realizar o controle e padronização das edificações que sejam etiquetadas com essa definição, que são: limites e contabilidade de medição, cálculo de energia da fonte e utilizar certificados de energia renovável.

Para as definições de ZEB é necessária uma limitação territorial, para edificações geralmente é adotado os limites da propriedade como delimitação da área funcional da edificação e as medições de energia exportada e importada devem ser realizadas dentro dessa delimitação de território.

Para as edificações ZEB também existem as denominações utilizadas pelo DOE (2015) para a caracterização dos termos utilizados. A geração on-site, ou energia exportada, consiste na geração de energia renovável coletada e gerada dentro da delimitação da propriedade, podendo o excesso de energia ser exportado para fora do local.

O DOE (2015), também utiliza o termo *Building Energy*, Energia da Edificação, que consiste na energia consumida pela edificação dentro da sua delimitação, incluindo a energia consumida com aquecimento, resfriamento, ventilação, iluminação externa e interna, elevadores e demais cargas da edificação.

A Energia primária ou *Source Energy*, fonte de energia, é a energia elétrica gerada no local mais a energia consumida na extração, processamento e transporte de combustíveis primários como carvão, petróleo e gás natural, assim como perdas de energia primária como carvão, petróleo e gás natural. A energia distribuída é a energia utilizada na edificação que pode ser oriunda de qualquer fonte de energia de utilizada, geralmente oriunda do sistema de distribuição local DOE (2015).

Em algumas edificações não existe viabilidade para instalação de um sistema FV, seja por alto índice de sombreamento ou por falta de espaço, sendo necessário utilização de Certificado de Energia Renovável (REC) para complementar o valor de energia produzido pelo sistema FV, igualando a demanda de energia elétrica requerida pela edificação.

Para as edificações classificadas como ZEB não é permitido a utilização de REC e não é permitido utilizar o REC como fonte de energia para fins de cálculo. De acordo com o DOE (2015), o uso de para edificações de Zero energia é categorizado como REC-ZEB, que é definido como uma edificação que possui eficiência energética e a quantidade de energia importada da rede é menor do que o valor de energia elétrica gerada através de fontes renováveis e exportado, sendo necessário utilização de REC para complementação do valor do valor exportado.

4.1 Cálculo da energia primária para ZEB

Para o cálculo da fonte de energia, ou cálculo da energia primária, como existem diversas fontes de energia que podem ser utilizadas, é necessário realizar uma conversão do valor das fontes de energia importada e exportada pela edificação, para um valor equivalente.

Os valores expostos na Tabela 1, para a conversão de energia são oriundos da *American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers*, Sociedade Americana de Engenheiros de Aquecimento, Refrigeração e Ar Condicionado (ASHRAE). Para a energia exportada é dada o mesmo fator de conversão da energia distribuída, conforme a Tabela 1.

Tabela 1 - Fatores de conversão médio para energia primária

Forma de energia	Fator de conversão (r)
Eletricidade importada	3,15
Eletricidade renovável exportada	3,15
Gás Natural	1,09
Óleo combustível	1,19
Propano e Propano líquido	1,15
Vapor	1,45
Água quente	1,35
Água fresca	1,04
Carvão	1,05

Fonte: Elaborada pelo autor com base em DOE (2015)

O cálculo da fonte de energia (1) é necessário para a classificação da edificação ZEB, segundo os moldes do DOE dos EUA.

$$E_{\text{fonte}} = \sum_i (E_{\text{import}} \cdot r_{\text{import}}) - (E_{\text{export}} \cdot r_{\text{export}}) \quad 1$$

De acordo com (1), segue a descrição:

$E_{\text{import},i}$ é a eletricidade importada, consiste na energia proveniente da rede de energia em um ano;

r_{import} é o fator de conversão da fonte de energia importada;

E_{export} é a energia exportada para a rede de energia em um ano;

r_{export} é o fator de conversão da fonte de energia exportada;

Para que ser classificada como ZEB a edificação deve apresentar $E_{\text{fonte}} \leq 0$.

4.2 Análise das edificações *Zero Energy*

No Brasil não existe uma legislação vigente que regule ZEB como em outros locais no mundo e neste tópico será comparado as edificações certificadas pelo *Zero Energy* da GBC Brasil, de acordo com os procedimentos adotados pelo DOE dos EUA, que apresenta um método para avaliação de energia líquida da edificação.

Para todas as edificações apresentadas foi adotado como fator de conversão 3,15 para a eletricidade importada, pois utilizam como fonte de energia a rede da concessionária. E fator de conversão 3,15 para a energia exportada, pois esse fator é o utilizado para geração FV, de acordo com o DOE.

4.2.1 SECONCI

A SECONCI, de acordo com o capítulo anterior comprovou sua eficiência energética, através de mudanças e automações na climatização e iluminação. Apresentando redução de consumo de 50,91%. Para o cálculo da fonte de energia, de acordo com (1), temos:

$$E_{\text{fonte}} = [4248,34 \text{ kWh} \cdot 3,15 - 7555,30 \text{ kWh} \cdot 3,15]$$

$$E_{\text{fonte}} = 23799,19 \text{ kWh} - 13382,17 \text{ kWh}$$

$$E_{\text{fonte}} = -10417,02 \text{ kWh}$$

De acordo com o cálculo realizado a edificação é classificada como ZEB de acordo com o DOE, por apresentar valor menor do que zero para o cálculo da fonte de energia.

4.2.2 Paola & Panasolo Sociedade de advogados

Para a Paola & Panasolo Sociedade de advogados, o cálculo da fonte de energia, de acordo com (1), segue cálculo da fonte de energia:

$$\begin{aligned} E_{\text{fonte}} &= [17215,1 \text{ kWh} \cdot 3,15 - 16491,1 \text{ kWh} \cdot 3,15] \\ E_{\text{fonte}} &= 54227,56 \text{ kWh} - 51946,96 \text{ kWh} \\ E_{\text{fonte}} &= 2280 \text{ kWh} \end{aligned}$$

Para alcançar o valor da energia importada, o escritório adquiriu 824,55 kWh através de REC, que se verificado conforme os parâmetros utilizados para o selo *Zero Energy*, estaria de acordo. Entretanto para classificação de acordo com o DOE, o empreendimento é REC-ZEB, pois apresenta aquisição de compra de REC e não pode utilizar o valor para contabilização.

4.2.3 Lar Verde Lar

Para a Lar Verde Lar, que apresentou medidas importantes de eficiência energética, como a arquitetura bioclimática, para intensificar o aproveitamento de iluminação natural e o uso de ventilação cruzada. Segue o cálculo da fonte de energia, de acordo com (1):

$$\begin{aligned} E_{\text{fonte}} &= [2318 \text{ kWh} \cdot 3,15 - 3036 \text{ kWh} \cdot 3,15] \\ E_{\text{fonte}} &= 7301,7 \text{ kWh} - 9563,4 \text{ kWh} \\ E_{\text{fonte}} &= -2261,7 \text{ kWh} \end{aligned}$$

De acordo com os valores calculados para a edificação foi verificado que o valor do cálculo da fonte de energia é menor que zero, segundo o DOE a edificação pode ser classificada como ZEB.

4.2.4 Petinelli

De acordo com o estudo de Carlo (2008) o percentual de área de janela na fachada é uma medida de conservação de energia que tem relevante influencia no consumo de energia elétrica, seguido das proteções solares.

De acordo com o estudo de Carlo (2008), pelo investimento em melhor aproveitamento de iluminação solar a Petinelli, apresenta vantagens no desempenho energético por investirem na automação da iluminação, através das persianas automatizadas.

Além disso, de acordo com estudos da Building Research Establishment (Fundação de Pesquisa da Edificação), no Reino Unido, mostram que os usuários de edificações comerciais, ligam a iluminação artificial se a iluminação natural se torna inadequada, mas não desligam quando a iluminação natural está confortável. (SOUZA, 2005 apud BAIRD et al. 1984).

O sistema utilizado pela Petinelli, por garantir automatização no processo de uso de iluminação natural garante melhor desempenho na redução de uso de iluminação artificial.

Segue o cálculo da fonte de energia:

$$E_{\text{fonte}} = [9939 \text{ kWh} \cdot 3,15 - 12362 \text{ kWh} \cdot 3,15]$$

$$E_{\text{fonte}} = 31307,85 \text{ kWh} - 38940,3 \text{ kWh}$$

$$E_{\text{fonte}} = -7632,45 \text{ kWh}$$

4.2.5 Camisas Polo Salvador

A Camisas Polo Salvador utilizou medidas de eficiência energética em seus processos, realizando automatização da iluminação interna e utilização de sistema FV para geração superior ao consumo da indústria em um ano.

$$E_{\text{fonte}} = [15722 \text{ kWh} \cdot 3,15 - 17057 \text{ kWh} \cdot 3,15]$$

$$E_{\text{fonte}} = 49524,3 \text{ KWh} - 53729,55 \text{ KWh}$$

$$E_{\text{fonte}} = -4205,25 \text{ KWh}$$

Devido à eficiência energética adotada e pelo valor do cálculo da fonte de energia ter sido inferior a Zero, de acordo com o DOE (2015) a Camisas Polo Salvador pode ser classificada como ZEB.

4.3 Avaliação geral das edificações *Zero Energy*

As Edificações *Zero Energy* apresentaram resultado satisfatório de acordo com o método do DOE (2015), utilizando eficiência energética em seus processos. Além disso, possuíam delimitação da área da edificação, geração de energia na edificação e métodos claros de medição e monitoramento de consumo e geração.

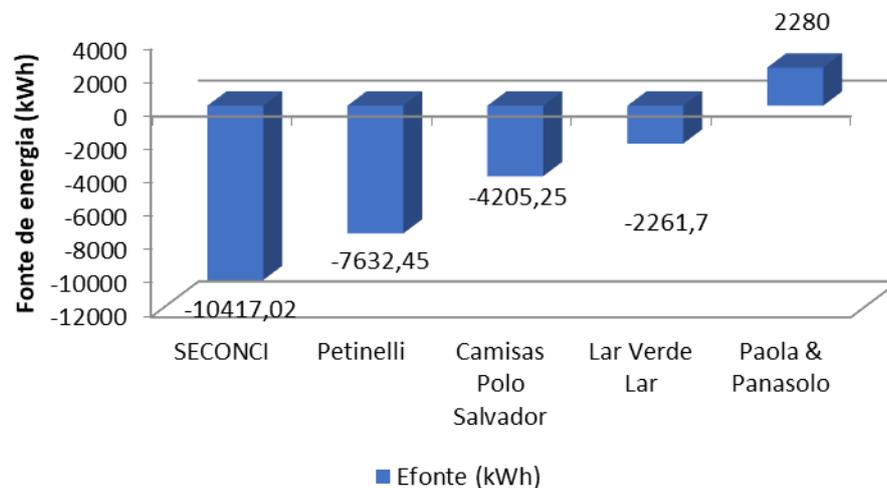
O monitoramento do consumo é essencial para o bom desempenho energético. Segundo o ASHARAE (2001) edificações comerciais que tiveram seu consumo de energia monitorado e que foram projetados para reduzir os impactos ambientais e utilizar energias renováveis, apresentaram de 25% a 68% de redução do consumo de energia elétrica em comparação com edificações que não tinham essas premissas.

Em resumo, 75% das edificações *Zero Energy* analisadas, apresentaram cálculo da fonte de energia menor do que zero, viabilizando sua classificação como ZEB. Apenas a Paola & Panasolo Sociedade de advogados, que foi classificada com REC-ZEB, pelo uso de 5% de REC para complementar o consumo em relação a geração.

A edificação que apresentou melhor desempenho em relação ao cálculo da fonte de energia foi a SECONCI, com -10417,02 kWh, seguida pela Petinelli com -7632,45 kWh, conforme podemos observar na Tabela 2.

A partir da tabela 2, foi elaborado o gráfico 5, que mostra o ranking das edificações *Zero Energy* analisadas, averiguando que a SECONCI apresentou o menor cálculo de fonte de energia.

Gráfico 5 – Ranking do Cálculo da fonte de energia das edificações *Zero Energy*



Fonte: Tabela 2.

4.4 Avaliação de desempenho energético das edificações *Zero Energy*

Para análise de uma edificação ZEB existe uma série de desafios, como avaliação dos métodos de medição, critérios adotados de consumo e geração renovável e grau de eficiência energética da edificação, além das políticas de incentivo adotados por cada país, nesta conjuntura a avaliação de desempenho energético das edificações permite a comparação de ZEB.

O índice de desempenho energético é uma forma de padronizar a avaliação para edificações, que muitas vezes possuem diferentes perfis, localização, áreas e clima. O índice é calculado dividindo-se o consumo de energia elétrica por um fator, que para esta análise foi utilizado a área (SOUZA, 2005 apud BAIRD et al. 1984).

No presente trabalho, de acordo com os dados disponíveis, foi utilizado o AEUI (*Area Energy Use Index* - Índice de Uso de Energia por Área), de acordo com

(2) que também pode ser denominado como consumo específico (SOUZA, 2005 apud BAIRD et al. 1984).

$$AEUI = \frac{\text{Consumo de energia elétrica anual (kWh)}}{\text{Área (m}^2\text{)}} \quad 2$$

Um estudo de CARLO (2008) observou 1103 edificações comerciais nas cidades de Recife, Salvador, Belo Horizonte, São Paulo e Florianópolis. Para identificar quais variáveis impactavam em um maior consumo de energia elétrica.

Através do estudo foi verificado que a volumetria da edificação influenciou de forma significativa no consumo de energia elétrica pela área, os menores consumos por área nas grandes edificações e maiores consumos para pequenas edificações CARLO (2008). Nesta conjuntura, conforme dados da Tabela 2, a Lar Verde Lar apresentou desvantagem em relação as demais edificações, por apresentar a menor área.

Em 2013, de acordo com a Comissão Europeia o consumo de energia elétrica para aquecimento e resfriamento é uma condição fundamental para edificações nZEB, apontando que o consumo dedicado a climatização deveria ser inferior a 30 kWh/m²/ano (IPEEC, 2018).

De acordo com os dados disponíveis para as edificações *Zero Energy*, não se pode especificar o consumo de energia elétrica dedicado para o sistema de climatização.

Entretanto algumas edificações apresentam o AEUI para o consumo total, superior ao valor considerado pela IPEEC (2018) para climatização, como a Paola & Panasolo Sociedade de advogados, que apresentou 34,430 kWh/m²/ano. Além disso a Paola & Panasolo Sociedade de advogados, apresenta também o maior AEUI, em relação as outras edificações *Zero Energy*.

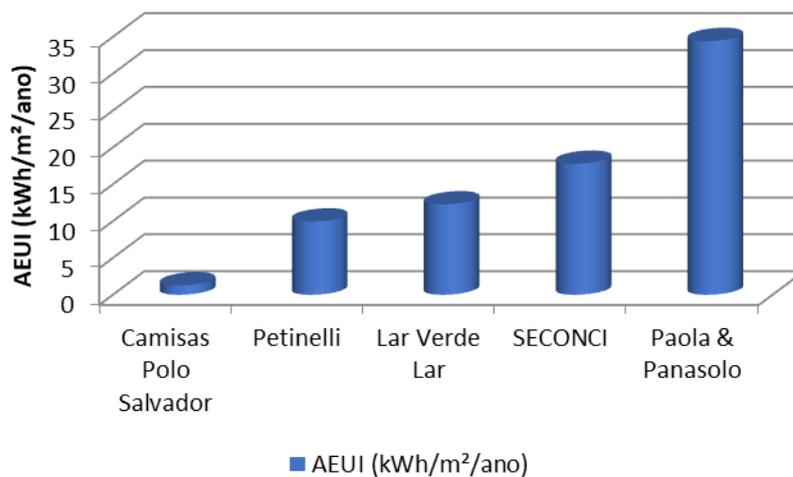
De acordo com os dados da Tabela 2, pode-se verificar o desempenho energético das edificações *Zero Energy*. Além disso, pode-se avaliar o desempenho das edificações além do cálculo de fonte de energia proposto no capítulo anterior.

Dentre as edificações *Zero Energy*, a Petinelli apresentou o menor AEUI e o menor consumo de energia elétrica anual, apresentando melhor desempenho

energético entre as edificações estudadas. Além disso apresentou 51% de redução de consumo de energia elétrica no período das medições.

De acordo com a Tabela 2, foi elaborado o Gráfico 6, que apresenta o ranking das edificações *Zero Energy* com menor AEUI, mostrando que através do AEUI a empresa que apresentou menor AEUI foi a Camisas Polo Salvador.

Gráfico 6 – Ranking das edificações de acordo com o índice AEUI



Fonte: Tabela 2

A Camisas Polo Salvador apresentou melhor AEUI em relação as demais, com 1,27 kWh/m²/ano, seguida pela Petinelli com 9,93 kWh/m²/ano. Através desse resultado é possível identificar como a área elevada impacta no AEUI.

A Camisas Polo Salvador com área de 12364,47 m² apresentou AEUI quase 8 vezes menor que a Petinelli com área de 1000 m². Apesar de as medidas implantadas pela Petinelli, por controlarem o sistema de ar condicionado, deveriam apresentar desempenho energético superior. As medidas implementadas pela Lar Verde Lar deveriam apresentar melhor desempenho, entretanto devido a área reduzida acabou sendo impactada negativamente no índice.

Tabela 2 – Resumo dos resultados apresentados

Empresa	Certificações	Área (m ²)	Consumo de energia elétrica anual (kWh)	Geração de energia elétrica anual (kWh)	Cálculo da Energia primária (kWh)	AEUI (kWh/m ² /ano)	Medidas de eficiência energética adotadas	Classificação pelo DOE dos EUA
SECONCI	LEED Platinum; <i>Zero Energy</i>	2938	52.228,5	98.219	-10417	17,77	- Utilização de lâmpadas LED; - Climatização utilizando ar condicionado do tipo inverter;	ZEB
Paola & Panasolo Sociedade de advogados	<i>Zero Energy</i>	500	17215,1	16491,1	2280,0	34,43	- Utilização de lâmpadas LED; - Climatização utilizando ar condicionado do tipo inverter; - Signatário do ODS da ONU, referente a energia limpa e acessível;	REC-ZEB
Lar Verde Lar	<i>Zero Energy</i>	189	2318	3036	-2261,7	12,26	- Uso de arquitetura bioclimática para melhor aproveitamento da iluminação natural - Usa materiais de baixa absorção de calor e uso de técnicas como a ventilação cruzada, para reduzir a necessidade de uso de ar condicionado	ZEB
Petinelli	<i>Zero Energy</i> ; LEED Proven Provider do USGBC;	1000	9939	12362	-7632,45	9,93	- Sistema de iluminação com automação através de dímers e controlada por foto-sensores; - sensor de presença e controlado por sensores de CO2 e utiliza um sistema tipo VRF;	ZEB
Camisas Polo Salvador	<i>Zero Energy</i>	12364	17057	15722	-4205,25	1,27	Foi utilizada automação através de sensores para a iluminação e utilizada lâmpadas LED	ZEB

5. CONCLUSÃO

Através do trabalho foi verificado que o método utilizado pela certificação *Zero Energy* da GBC Brasil, apresenta semelhanças importantes com o método utilizado pelo DOE dos EUA.

As cinco edificações analisadas apresentam, geração on-site, ou seja possuem geração de energia elétrica dentro da área da própria edificação. Também possuem delimitação da área da edificação, com medição do consumo e geração de energia elétrica dentro dessa área.

Na região Nordeste como foi apontado no texto, existe uma dificuldade na implementação de ZEB pela elevada necessidade de uso da climatização artificial. O Caso da Camisas Polo Salvador, por ser pioneiro na região nordeste, abre precedente para que mais edificações busquem ser ZEB.

As diferenças verificadas estão na utilização de RECs, pois o DOE classifica a edificação como REC-ZEB e para a GBC Brasil, ela poderia ser classificada como *Zero Energy*. Caso da edificação Paola & Panasollo, que teve sua classificação como REC-ZEB de acordo com o DOE dos EUA.

Para o cálculo da fonte de energia, a edificação que apresentou melhor desempenho foi a SECONCI, com -10417 kWh, representando um valor 36,5% acima do valor da Petinelli, que apresentou o segundo melhor desempenho. A SECONCI por apresentar geração superior ao valor de consumo, possui maior flexibilidade em uma eventual aumento no consumo de energia elétrica pós-pandemia.

Além do cálculo da fonte de energia, para a classificação como ZEB é essencial a eficiência energética das edificações e pelo trabalho foi verificado que as edificações *Zero Energy* da GBC Brasil, possuem padrões de eficiência energética adequados para classificação como ZEB, de acordo com o DOE dos EUA.

Através dos dados da SECONCI, de consumo nos anos de 2019 e 2020 foi verificado uma redução de consumo de energia elétrica de 51% entre os anos, mesmo com a pandemia a redução de consumo é considerável.

Entretanto no AEUI, a SECONCI apresentou dados elevados de desempenho energético em relação as demais edificações com 17,77 kWh/m²/ano, ficando atrás

apenas da Paola & Panasolo Sociedade de advogados que apresentou 34,44 kWh/m²/ano.

As empresas que tiveram melhor desempenho do AEUI e que obtiveram melhor desempenho no processo de eficiência energética, excetuando-se a Camisas Polo Salvador que apresenta área elevada, foi a Seconci e a Lar Verde Lar.

Tabela 3 – Comparação entre método do DOE dos EUA e certificação Zero Energy da GBC Brasil

Critério	Classificação segundo DOE dos EUA	Certificação Zero Energy
Localização do sistema de geração	A geração de energia elétrica deve ser on-site	A certificação Zero Energy permite geração off-site, desde que na edificação onde seja instalada o sistema FV, possua eficiência energética
Delimitação da área	Delimitada através dos limites da edificação	Pode ser utilizada parte da edificação com ocupação mínima de 50% da área, 90% das áreas ocupadas devem ser certificadas, para edificações não residenciais é exigido 100 m ² de área mínima exigida
Medição do consumo/geração	Localizado dentro da delimitação da propriedade	Por permitir a geração off-site, permite a medição fora da geração fora da área certificada
Certificados de Energia Renováveis (REC)	Classifica com REC-ZEB	Permite utilização de REC para até 10% do consumo total de energia elétrica

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABSOLAR. Infográfico ABSOLAR. Disponível em: <https://www.absolar.org.br/mercado/infografico/>. Acesso em: 19/02/2021.

ANEEL. Energia Solar. ANEEL, 2021. Disponível em: [http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/03-Energia_Solar\(3\).pdf](http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/03-Energia_Solar(3).pdf). Acesso em: 21/02/2021.

ANEEL. Geração Distribuída. Disponível em: <https://www.aneel.gov.br/geracao-distribuida>, Acesso em: 10/02/2021.

ANEEL. Panorama geral do setor elétrico e governança setorial. Disponível em: https://www.aneel.gov.br/documents/655804/14752877/Panorama+geral+do+setor+el%C3%A9trico+e+governan%C3%A7a+setorial_Victor.pdf/43046afc-c5ce-8f77-0f68-597e1dcfdfa0. Acesso em: 18/03/2021.

BABU, K. Rushikesh. Implementation of net *Zero Energy* building (NZEB) prototype with renewable energy integration. IEEE, 2017. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8069994/citations#citations>. Acesso em: 09/01/2021.

BAEZ, Maite Gil. Natural ventilation systems in 21st-century for near *Zero Energy* school buildings, 2017.

BARBOSA, Wilson Pereira. Geração distribuída: vantagens e desvantagens. Páginas UEPA, 2016. Disponível em: https://paginas.uepa.br/pcambientais/simposio/anais_tcompleto_simposio_2016_volume_2.pdf, Acesso em: 01/03/2021.

BARROS, Ricardo. Perspectivas para a geração centralizada solar fotovoltaica no Brasil. ABSOLAR, 2019. Disponível em: <https://www.absolar.org.br/artigos/perspectivas-para-a-geracao-centralizada-solar-fotovoltaica-no-brasil/>. Acesso em: 20/03/2021.

CAIXA. Guia Selo Casa Azul. Disponível em: https://www.caixa.gov.br/Downloads/selo_casa_azul/Guia_Selo_Casa_Azul_CAIXA_Junho_2020.pdf. Acesso em: 05/03/2021.

CARDOSO, Patricia. Multi-objective optimization to promote nearly zero-energy buildings in Portugal. Técnico Lisboa, 2015. Disponível em: <https://fenix.tecnico.ulisboa.pt/downloadFile/1407770020545418/Artigo-PatriciaCardosoCosta%20MEGI%2073827-vcorrigida.pdf>. Acesso em: 01/03/2021.

CARLO, Joyce Correna. Desenvolvimento de Metodologia de Avaliação da Eficiência Energética do Envolvimento de Edificações Não-residenciais. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.

CBCS. Eficiência energética. Cidades Eficientes, 2021. Disponível em: http://cidadeseficientes.cbcs.org.br/?page_id=484. Acesso em: 29/01/2021.

CHOONGWAN, Koo. Development of the smart photovoltaic system blind and its impact on net-Zero Energy solar buildings using technical-economic-political analyses. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360544217302700?via%3Dihub>. Acesso em: 12/02/2021.

CONSTANTINO, Gabriel de Lima. Eficiência energética e energia solar fotovoltaica em prédios públicos no setor de educação no nordeste do Brasil: o caso da expansão do IFRN. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2019.

COOPER, Paul. Existing building retrofits: Methodology and state-of-the-art. Energy and Buildings. Science Direct, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2012.08.018>. Acesso em: 05/01/2021.

COSTA, João Francisco Walter. Edifícios de balanço energético nulo: um estudo para escritórios em Brasília. Universidade de Brasília, Brasília, 2018.

DIDONE, Evelise Leite. Estratégias para edifícios de escritórios energia zero no Brasil com ênfase em BIPV. Scielo, 2014. Disponível em:

https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1678-86212014000300003.

Acesso em: 10/03/2021.

DOE. A Common Definition for *Zero Energy Buildings*. *U.S. Department of Energy*, Eficiência energética e energias renováveis, 2015.

ENGIE. Creche Municipal Hassis. Disponível em: <https://www.engie.com.br/cases-de-solucoes/creche-municipal-hassis/>. Acesso em 19/02/2021.

EPE. Balanço energético nacional, 2020.

EPE. Plano decenal de expansão de energia 2026. EPE, 2021.

EPE, NOTA TÉCNICA DEA 26/14: Avaliação da Eficiência Energética e Geração Distribuída para os próximos 10 anos (2014-2023). EPE, 2014.

FARIA, Roberta Carolina. O processo de projeto de edifício de balanço energético nulo (zeb) numa perspectiva termodinâmica, 2020. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/341828942_O_PROCESSO_DE_PROJET_O_DE_EDIFICIO_DE_BALANCO_ENERGETICO_NULO_ZEB_NUMA_PERSPECTIVA_TERMODINAMICA. Acesso em: 11/02/2021.

GBC BRASIL. Compreenda o LEED. Disponível em: <https://www.gbcbrazil.org.br/wp-content/uploads/2017/09/Compreenda-o-LEED-1.pdf>. Acesso em: 18/03/2021.

GBC BRASIL. Anuário GBC Brasil 2019. Disponível em: <https://www.gbcbrazil.org.br/anuario-gbc-brasil-2019/>. Acesso em: 07/03/2021.

GBC BRASIL. Anuário GBC Brasil 2020. Disponível em: <https://www.gbcbrazil.org.br/anuario-gbc-brasil-2019/>. Acesso em: 18/03/2021.

GUERRA, Antônio Fernando. Mudanças climáticas, mudanças globais: desafios para a educação. REMEA - Revista Eletrônica Do Mestrado Em Educação Ambiental, v. especial, setembro de 2010.

GOOD, Clara. Solar energy for net *Zero Energy* buildings – A comparison between solar thermal, PV and photovoltaic–thermal (PV/T) systems. Science Direct, 2015. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0038092X15005460?via%3Dihub>. Acesso em: 13/03/2021.

HADDAD, Jamil. A lei de eficiência energética e os possíveis impactos nos setores produtivos. Enc. Energ. Meio Rural, 2002.

IEA. Key World Energy Statistics, 2020.

IPEEC. *Zero Energy* Building Definitions and Policy Activity: An International Review. Energy, 2018. Disponível em: <https://www.energy.gov.au/sites/default/files/BEET%207%20Zero%20Energy%20Building%20Definitions%20and%20Policy%20Activity%20%E2%80%93%20An%20International%20Review.pdf>. Acesso em: 03/03/2021.

KIM, Jin-Hee. Analysis of photovoltaic applications in *Zero Energy* building cases of IEA SHC/EBC Task 40/Annex 52, 2015. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/283109532_Analysis_of_photovoltaic_applications_in_zero_energy_building_cases_of_IEA_SHCEBC_Task_40Annex_52. Acesso em: 03/03/2021.

LI, Danny, *Zero Energy* buildings and sustainable development implications – A review, 2013. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360544213001035?via%3Dihub>. Acesso em: 19/01/2021.

LIU, Zhijian. A comprehensive analysis on definitions, development, and policies of nearly *Zero Energy* buildings in China. Science direct, 2019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032119305222?via%3Dihub#!>. Acesso em: 07/01/2021.

LIZANA, Jesus. Energy assessment method towards low-carbon energy schools, 2018.

LUIZ, Beatriz de Sousa. Energia Fotovoltaica: Um retrato da realidade brasileira, Revistas Eletrônicas, 2017. Disponível em: <https://revistaseletronicas.fmu.br/index.php/inovae/article/view/1670>. Acesso em: 25/03/2021.

MARSZAL, A.J. *Zero Energy Building* – A review of definitions and calculation methodologies. Science direct, 2010. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378778810004639#!>. Acesso em: 10/03/2021.

NASCIMENTO, Rodrigo Limp. Energia Solar no Brasil: Situação e perspectivas, 2017.

PAULINO, Edir Silva. Eficiência de sistemas fotovoltaicos considerando curva de carga. Universidade de Brasília, 2010. Disponível em: https://bdm.unb.br/bitstream/10483/1396/1/2010_EdirPaulinodaSilva.pdf. Acesso em: 18/01/2021.

PBE EDIFICA. Portaria nº 50/2013 de 01 de fevereiro de 2013. INMETRO. Requisitos de Avaliação da Conformidade para Eficiência Energética de Edificações.

PBE EDIFICA. Portaria nº 372/2010 de 17 de setembro de 2010. INMETRO. Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas.

PORTAL SOLAR. Passo-a-Passo da fabricação do painel solar, Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/passa-a-passo-da-fabricacao-do-painel-solar.html>, Acesso em 21/02/2021.

PORTAL SOLAR. Câmara de Fortaleza aprova projeto de lei para empresa privada gerir energia solar de escolas e unidades de saúde, 2019

PROCEL. Edificações. PROCEL INFO, 2015. Disponível em: <http://www.procelinfo.com.br/main.asp?TeamID=%7B82BBD82C-FB89-48CA-98A9-620D5F9DBD04%7D#:~:text=Edifica%C3%A7%C3%B5es&text=No%20Brasil%2C%>

20o%20consumo%20de,da%20eletricidade%20consumida%20no%20pa%C3%ADs.
Acesso em 17/03/2021.

PROCEL. O programa. PROCEL INFO, 2017. Disponível em:
<http://www.procelinfo.com.br/main.asp?TeamID=%7B921E566A-536B-4582-AEAF-7D6CD1DF1AFD%7D>. Acesso em 17/03/2021.

PROCEL EDIFICA. Edital de chamada pública NZEB Brasil. Eletrobras, 2021.

NEOSOLAR, Sistemas de Energia solar fotovoltaico e seus componentes.
Disponível em: <https://www.neosolar.com.br/aprenda/saiba-mais/sistemas-de-energia-solar-fotovoltaico-e-seus-componentes>. Acesso em 27/01/2021.

SILVA, Pedro Henrique. Estudo de perdas em sistemas fotovoltaicos. Semana Acadêmica, 2018. Disponível em:
https://semanaacademica.org.br/system/files/artigos/artigo_pedrohenriquetronco_04dez2018.doc__3.pdf. Acesso em: 15/02/2021.

SEBRAE. Sustentabilidade no Sebrae no Ceará, 2020.

SERRÃO, Marcos Antonio dos Santos. Dimensionamento de um sistema fotovoltaico para uma casa de veraneio em pouso do Cajaíba-Paraty. Monografias Poli UFRJ, 2010, Disponível em:
<http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10000620.pdf>, Acesso em: 17/03/2021.

TAN, Luzhi. Analysis on energy efficiency and CO2 emission reduction of an SOFC-based energy system served public buildings with large interior zones, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2018.10.054>. Acesso em: 01/03/2021.

UBINAS, Edwin Rodriguez. Passive design strategies and performance of Net Energy Plus Houses. Science Direct, 2014. Disponível em:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378778814003430#!>. Acesso em: 24/03/2021.

UE ZEBRA 2020. Nearly Zero-Energy Building Strategy 2020. Disponível em: <https://zebra2020.eu/>. Acesso em: 14/03/2021.

WIBERG, Houlihan. A net zero emission concept analysis of a single-family house, 2014. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2014.01.037>. Acesso em: 14/02/2021.

YANG, Xinyan. Impact of *Zero Energy* buildings on medium-to-long term building energy consumption in China, 2019. Disponível: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2019.02.025>. Acesso em: 14/02/2021.

ANEXOS

ANEXO A - Relação de edificações que possuem selo *Zero Energy*.

GBC Brasil Zero Energy - GBC Brasil								
Nome do Projeto	Cidade	Estado	Área (m²)	Situação	Data Registro	Data Certificação	Proprietário	Consultoria
CICS – Centro de Inovação em Construção Sustentável	São Paulo	SP	1450	Registrado				Alberto Hernandez
Sede RAC Engenharia	Curitiba	PR	600	Certificado		1 de November de 2018	Ricardo Luiz Cansian	Petinelli
Creche Municipal Hassis	Florianópolis	SC	1000	Certificado		10 de December de 2020		Petinelli
Sede SINDUSCON PR	Curitiba	PR	8500	Registrado				Petinelli
Casa do Futuro	Atibaia	SP	200	Registrado			Studio Motion	I8 Arquitetura
Casa Mão Verde	Piracicaba	SP	250	Registrado			Marco A. Passarelli	Solsustenge
Centro Sebrae de Sustentabilidade	Cuiabá	MT	1080	Certificado		28 de July de 2017	Sebrae MT	Micro-usina: USP
GEO Energética	Tamboará	PR	313	Certificado		7 de August de 2017	GEO Energética	Petinelli
De Paola e Panasolo sociedade de advogados	Curitiba	PR	500	Certificado		15 de October de 2018	De Paola e Panasolo sociedade de advogados	Petinelli
Montage Botafogo Empreendimentos	Campinas	SP	3995	Registrado			Montage	
Lar Verde Lar	Governador Valadares	MG	189	Certificado		4 de July de 2018	Controle Prestação de Serviços	Lar Verde Lar
Selenergy	São José dos Pinhais	PR	972	Registrado				CTE
Loft Alameda Formosa	Santana de Parnaíba	SP	704,55	Certificado		17 de June de 2019	Triplíc Empreendimentos E Participações	Matheus Penazzo
Plasmetal	Londrina	PR	810	Certificado		30 de October de 2018	Plasmetal	Petinelli
Petinelli CWB	Curitiba	PR	1000	Certificado		11 de October de 2018	Petinelli	Petinelli
Univali Biguaçu	Biguaçu	SC	9800	Certificado		10 de December de 2020	Univali	Petinelli
Uberlândia Refrescos CD	Uberlândia	MG	20005	Certificado	17 de August de 2018	18 de September de 2019	URLA	Petinelli
Uberlândia Refrescos Prédio Social	Uberlândia	MG	1090	Registrado	17 de August de 2018		URLA	Petinelli
Orquidário	Curitiba	PR	747	Certificado	21 de December de 2018	24 de March de 2020	Rosa Maria Beltrão Rischbieter	Forte Soluções Ambientais
SECONCI	Curitiba	PR	2938	Certificado	16 de September de 2019	10 de December de 2020	SINDUSCON PR	Petinelli
Univali Campus Tijucas	Tijucas	SC	5271	Registrado	16 de September de 2019		Univali - Universidade do Vale do Itajaí	Petinelli
Adventista Bom Retiro	Curitiba	PR	7802	Registrado	16 de September de 2019		Instituição Adventista Sul Brasileira de Educação	Petinelli
Camisas Polo Salvador	Salvador	BA	12364,47	Certificado	16 de September de 2019	13 de June de 2019	Hari Hartmann	Green Edifica Consultoria

GBC Brasil Zero Energy - GBC Brasil								
Nome do Projeto	Cidade	Estado	Área (m²)	Situação	Data Registro	Data Certificação	Proprietário	Consultoria
Adventista Centenário	Curitiba	PR	5063	Registrado	16 de September de 2019		Instituição Adventista Sul Brasileira de Educação	Petinelli
Adventista São José dos Pinhais	São José dos Pinhais	PR	11149	Registrado	16 de September de 2019		Instituição Adventista Sul Brasileira de Educação	Petinelli
AMIC	Cascavel	PR	1662	Registrado	16 de September de 2019		Associação de Micro e Pequenas Empresas de	Petinelli
IPPUC - Moinho	Curitiba	PR	5626	Registrado	16 de September de 2019		Prefeitura Municipal de Curitiba	Petinelli
SICREDI Vanguarda - Medianeira	Medianeira	PR	20911	Registrado	16 de September de 2019		Sicredi Vanguarda	Petinelli
Univali Piçarras	Piçarras	SC	4438	Registrado	16 de September de 2019		Univali - Universidade do Vale do Itajaí	Petinelli
SICREDI Pelotas	Pelotas	RS	3400	Registrado	16 de September de 2019		SICREDI Zona Sul RS	Petinelli
SICREDI Tapejara	Tapejara	RS	3600	Registrado	16 de September de 2019		SICREDI Altos da Serra RS/SC	Petinelli
E.B.M Dnócia Maria da Costa	Florianópolis	SC	1450	Registrado	16 de September de 2019		Prefeitura Municipal de Florianópolis	Petinelli
E.B.M Intendente Aricomedes da Silva	Florianópolis	SC	2200	Registrado	16 de September de 2019		Prefeitura Municipal de Florianópolis	Petinelli
E.B.M João Alfredo Rohr	Florianópolis	SC	1350	Registrado	16 de September de 2019		Prefeitura Municipal de Florianópolis	Petinelli
E.B.M Mâncio Costa	Florianópolis	SC	3200	Registrado	16 de September de 2019		Prefeitura Municipal de Florianópolis	Petinelli
E.B.M Paulo Fontes	Florianópolis	SC	2000	Registrado	16 de September de 2019		Prefeitura Municipal de Florianópolis	Petinelli
Hospital Erastinho	Curitiba	PR	5058	Registrado	16 de September de 2019		Hospital Erastinho	Petinelli
NEIM Anna Spyrios Dimatos	Florianópolis	SC	1050	Registrado	16 de September de 2019		Prefeitura Municipal de Florianópolis	Petinelli
NEIM Barreira do Jangá	Florianópolis	SC	710	Registrado	16 de September de 2019		Prefeitura Municipal de Florianópolis	Petinelli
NEIM Caetana Marcelina Dias	Florianópolis	SC	950	Registrado	16 de September de 2019		Prefeitura Municipal de Florianópolis	Petinelli
NEIM Celso Pamplona	Florianópolis	SC	1150	Registrado	16 de September de 2019		Prefeitura Municipal de Florianópolis	Petinelli
NEIM Celso Ramos	Florianópolis	SC	3400	Registrado	16 de September de 2019		Prefeitura Municipal de Florianópolis	Petinelli
NEIM Dona Cota	Florianópolis	SC	700	Registrado	16 de September de 2019		Prefeitura Municipal de Florianópolis	Petinelli
NEIM Idalina Ochôa	Florianópolis	SC	720	Registrado	16 de September de 2019		Prefeitura Municipal de Florianópolis	Petinelli
NEIM Maria Barreiros	Florianópolis	SC	746	Registrado	16 de September de 2019		Prefeitura Municipal de Florianópolis	Petinelli
NEIM Monteiro Lobato	Florianópolis	SC	525	Registrado	16 de September de 2019		Prefeitura Municipal de Florianópolis	Petinelli
NEIM Poeta João da Cruz e Souza	Florianópolis	SC	1500	Registrado	16 de September de 2019		Prefeitura Municipal de Florianópolis	Petinelli
NEIM Silveira de Souza	Florianópolis	SC	950	Registrado	16 de September de 2019		Prefeitura Municipal de Florianópolis	Petinelli
Univali Biblioteca	Itajaí	SC	750	Registrado	16 de September de 2019		Univali	Petinelli
Vivensis	São José dos Pinhais	PR	3306	Registrado	16 de September de 2019		Vivensis Indústria e Comércio Limitado	Petinelli
Residência YDU	São Carlos	SP	258	Registrado	21 de February de 2020		Yara Santucci Barreto e Eduardo Luis Barreto	CEDRO Sustentabilidade
Residência ML	Curitiba	PR	296	Registrado	21 de February de 2020		Matheus Campanhã Forte	Forte Soluções Ambientais

ANEXO B - Formulário de fechamento do balanço energético anual da GBC Brasil.

		<h2 style="text-align: center;">FORMULÁRIO DE FECHAMENTO DO BALANÇO ENERGÉTICO ANUAL CERTIFICAÇÃO NET ZERO</h2>						
DADOS DO EMPREENDIMENTO								
Nome Empreendimento: <i>Edifício Faria Lima</i>		Cidade: <i>São Paulo</i>		Estado: <i>São Paulo</i>		Tipologia: <i>Residencial</i>		
Endereço: <i>Av. Brig. Faria Lima, 1900</i>		Projeto: <i>RK Arquitetura</i>		Construtora: <i>RRX Engenharia</i>		Área Total construída: <i>22.400</i> m ²		
Proprietário: <i>FJK Properties</i>		Consultoria: <i>PPR</i>		Responsável Certificação: <i>Eng. Paulo José</i>		Área a ser certificada: <i>22.400</i> m ²		
Fase Projeto: <i>Concluído</i>		Fase Obra: <i>Concluído</i>		Início Operação: <i>Previsto Ago/17</i>		Tempo de Operação: <i>12</i> meses		
DADOS DO BALANÇO ENERGÉTICO ANUAL				PERÍODO DE: <i>Setembro/16 à Agosto/17</i>				
CONSUMO ANUAL TOTAL DE ENERGIA ELÉTRICA + PRIMÁRIA CONVERTIDA								
Consumo de energia primária				Dados do consumo anual de energia elétrica				
<input checked="" type="checkbox"/>	Gerador a Díesel, limitado a 5% do total	<i>0,7%</i>	<i>600</i> kWh/ano	JANEIRO	<i>8.440</i> kWh	JULHO	<i>5.444</i> kWh	
<input checked="" type="checkbox"/>	Gerador a Biodiesel, limitado a 5% do total	<i>0,6%</i>	<i>500</i> kWh/ano	FEVEREIRO	<i>6.550</i> kWh	AGOSTO	<i>4.444</i> kWh	
<input type="checkbox"/>	Gás Natural		kWh/ano	MARÇO	<i>7.600</i> kWh	SETEMBRO	<i>5.550</i> kWh	
<input type="checkbox"/>	GLP, limitado a 5% do total	<i>2,9%</i>	<i>2.500</i> kWh/ano	ABRIL	<i>5.555</i> kWh	OUTUBRO	<i>7.800</i> kWh	
<input type="checkbox"/>	Outras		kWh/ano	MAIO	<i>5.550</i> kWh	NOVEMBRO	<i>8.700</i> kWh	
<input type="checkbox"/>	Outras		kWh/ano	JUNHO	<i>6.000</i> kWh	DEZEMBRO	<i>9.800</i> kWh	
Consumo anual total energia primária convertida:			<i>3.960</i> kWh/ano	Consumo anual total de energia elétrica:			<i>81.433</i> kWh/ano	
CONSUMO ANUAL TOTAL DE ENERGIA ELÉTRICA + PRIMÁRIA CONVERTIDA				<i>85.393</i> kWh/ano				
FONTES DE GERAÇÃO ANUAL DE ENERGIA RENOVÁVEL ON SITE OU OFF SITE								
Fontes de energia Renovável On site ou Off Site				Créditos de Energia limitado a 10% total <i>5,9%</i>				
<input checked="" type="checkbox"/>	Geração Fotovoltaica On site	<i>80.000</i> kWh/ano	<input type="checkbox"/>	Energia Geotérmica	kWh/ano	<input checked="" type="checkbox"/>	REC Brazil	<i>5.000</i> kWh/ano
<input type="checkbox"/>	Geração Fotovoltaica Off site	kWh/ano	<input type="checkbox"/>	Energia Biomassa	kWh/ano	<input type="checkbox"/>	Green-e Energy	kWh/ano
<input checked="" type="checkbox"/>	Geração Eólica On site	<i>10.000</i> kWh/ano	<input checked="" type="checkbox"/>	Cogeração Térmica	<i>20.000</i> kWh/ano	<input type="checkbox"/>	PPA com REC	kWh/ano
<input type="checkbox"/>	Geração Eólica Off site	kWh/ano	<input type="checkbox"/>	Outras	kWh/ano	<input type="checkbox"/>	Outros	kWh/ano
Geração anual total de energia renovável on site ou off site:			<i>110.000</i> kWh/ano	Compra anual total de crédito de energia:			<i>5.000</i> kWh/ano	
GERAÇÃO ANUAL TOTAL DE ENERGIA RENOVÁVEL ON OU OFF SITE + CRÉDITOS DE ENERGIA				<i>115.000</i> kWh/ano				
RESULTADO DO BALANÇO ENERGÉTICO ANUAL		<i>29.607</i> kWh/ano	<input checked="" type="checkbox"/>	Elegível a Recertificação por mais 12 meses		<input type="checkbox"/>	Não elegível a Recertificação	<i>34,7%</i>

ANEXO C – Check-list para a certificação *Zero Energy* da GBC Brasil.

CHECKLIST CERTIFICAÇÃO GBC BRASIL ZERO ENERGY

**Tempo de Operação**

- S N NA Empreendimento em operação a mais de 12 meses, OU
- S N NA Empreendimento em operação a menos de 12 meses

**Taxa de Ocupação Mínima**

- S N NA Ocupação mínima média de 50% da área construída (não aplicável para residência)

**Metragem Mínima das Áreas Construídas**

- S N NA Área mínima construída de 100m² (não aplicável para residência)
- S N NA 100% das edificações e áreas comuns devem ser certificadas (aplicável para condomínios)
- S N NA No mínimo 90% das áreas ocupadas devem ser certificadas

**Tipologia**

- S N NA Empreendimento permanente/ não provisório
- S N NA 100% das áreas da torre única devem ser medida

**Atendimento a Legislações**

- S N NA Atendimento as legislações pertinentes

**Empreendimento Off Grid**

- S N NA No mínimo 5% de energia fóssil compensadas por REC's, OU
- S N NA 100% de energia renovável

**Eficiência Energética Mínima Para Geração On Site**

- S N NA 100% de geração de energia renovável on site, OU

**Eficiência Energética Mínima para Geração Off Site**

- S N NA Empreendimento Certificado LEED, GBC Brasil Casa ou Condomínio, AQUA HQE, PBE Edifica A, OU
- S N NA 9% de redução anual de energia em relação a ASHRAE 90.1-2010, OU
- S N NA 18% de redução de energia em relação a ASHRAE 90.1-2007, OU
- S N NA 30% de redução de energia em relação ao DEO do CBCS, OU
- S N NA 15% de redução de energia em relação a média de 3 anos contínuos dos últimos 5 anos

**Geração de Energia Renovável On Site**

- S N NA 100% de Geração de energia renovável on site, OU off site, OU compra de créditos Geração de Energia Renovável On Site

**Geração de Energia Renovável Off Site**

- S N NA 100% de Geração de energia renovável off site, OU compra de créditos

**Compra de Créditos de Energia Renovável**

- S N NA Compra de REC Brazil limitado a 10% do consumo anual (não aplicável para residência)
- S N NA Compra de REC Brazil para compensação da taxa de disponibilidade (aplicável para residência)
- S N NA Compra de REC Brazil para compensação de fontes de energia não elétricas

**Uso de Energia Não Renovável**

- S N NA Compensação de 100% de todas as fontes de energia não renovável com compra de créditos

**Balanco Energético Anual do Empreendimento**

- S N NA Balanço energético anual zerado por fontes renováveis, OU compra de créditos
- S N NA Balanço energético anual zerado com aquisição de REC Brazil

