



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ  
PRÓ-REITORIA DE ENSINO DE PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO E MEIO AMBIENTE  
MESTRADO EM DESENVOLVIMENTO E MEIO AMBIENTE**

**CERTIFICAÇÕES AMBIENTAIS E ARQUITETURA SUSTENTÁVEL PARA  
EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM RESIDÊNCIAS**

**Raissa Nuala Feitosa**

TERESINA/PI  
2022

**RAISSA NUALA FEITOSA**

**CERTIFICAÇÕES AMBIENTAIS E ARQUITETURA SUSTENTÁVEL PARA  
EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM RESIDÊNCIAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente da Universidade Federal do Piauí (PMDMA), como requisito para a obtenção do título de Mestre em Desenvolvimento e Meio Ambiente. Área de Concentração: Desenvolvimento e Meio ambiente. Linha de Pesquisa: Políticas de Desenvolvimento e Meio Ambiente.

**Orientadora:** Prof<sup>ª</sup>. Dra. Wilza Gomes Reis Lopes

**Coorientador:** Prof. Dr. Marcos Antônio Tavares Lira

TERESINA/PI  
2022

FICHA CATALOGRÁFICA  
Universidade Federal do Piauí  
Biblioteca Setorial do Centro de Ciências Humanas e Letras  
Serviço de Processos Técnicos

F311c Feitosa, Raissa Nuala.  
Certificações ambientais e arquitetura sustentável para eficiência energética em residências / Raissa Nuala Feitosa. -- 2022.  
118 f.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Piauí,  
Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio  
Ambiente, Teresina, 2022.

“Orientadora: Profª. Drª. Wilza Gomes Reis Lopes.”

“Coorientador: Prof. Dr. Marcos Antônio Tavares Lira.”

1. Programas de certificações. 2. PBE Edifica. 3. LEED.  
4. Residências. 5. Zonas Bioclimáticas. I. Lopes, Wilza Gomes Reis.  
II. Lira, Marcos Antônio Tavares. III. Título.

CDD 574.52

Bibliotecária: Francisca das Chagas Dias Leite - CRB3/1004


**RAISSA NUALA FEITOSA**

**CERTIFICAÇÕES AMBIENTAIS E ARQUITETURA SUSTENTÁVEL PARA  
EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM RESIDÊNCIAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente da Universidade Federal do Piauí (PMDMA), como requisito para a obtenção do título de Mestre em Desenvolvimento e Meio Ambiente. Área de Concentração: Desenvolvimento e Meio Ambiente. Linha de Pesquisa: Políticas de Desenvolvimento e Meio Ambiente.


**Orientadora:** Prof<sup>ª</sup>. Dra. Wilza Gomes Reis Lopes

**Coorientador:** Prof. Dr. Marcos Antônio Tavares Lira

Documento assinado digitalmente  
 WILZA GOMES REIS LOPES  
Data: 23/08/2022 21:39:40-0300  
Verifique em <https://verificador.iti.br>

---

Prof<sup>ª</sup>. Dra. Wilza Gomes Reis Lopes  
PRODEMA – Universidade Federal do Piauí (UFPI)  
Orientadora

Documento assinado digitalmente  
 OSVALDO AUGUSTO VASCONCELOS DE OLIVEIRA LOPES DA SILVA  
Data: 23/08/2022 17:47:01-0300  
Verifique em <https://verificador.iti.br>

---

Prof. Dr. Osvaldo Augusto Vasconcelos de Oliveira Lopes da Silva  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí (IFPI)  
Membro Externo

**JOSE MACHADO MOITA NETO**  
Assinado digitalmente por JOSE MACHADO MOITA NETO  
DN: C=BR, O=ICP-Brasil, OU=AC OAB,  
OU=18732686000170, OU=Certificado Digital,  
OU=Assinatura Tipo A3, OU=ADVOGADO, CN=JOSE  
MACHADO MOITA NETO  
Razão: Membro da Banca Examinadora  
Localização: Parnaíba-PI  
Data: 2022.08.22 16:22:35-03'00'

---

Prof. Dr. José Machado Moita Neto  
PRODEMA – Universidade Federal do Piauí (UFPI)  
Membro Interno

TERESINA/PI  
2022

## RESUMO

O setor da construção civil é responsável por contribuir para o crescimento das cidades, possuindo a finalidade de construir locais de moradia, educação, saúde, trabalho e lazer, além de movimentar grande parte da economia brasileira, representando 44,4% do Produto Interno Bruto (PIB) industrial. Diante dos problemas associados ao aumento do consumo de energia elétrica no Brasil, principalmente nas residências, e a conseqüente necessidade de maior produção de energia. Para tentar mensurar e reduzir os impactos causados pelo setor, na década de 1990, surgiu o conceito de Green Building, “edifício verde” que está voltado para edificações e espaços urbanos que, durante a sua execução e utilização, busquem a criação de ambientes saudáveis e produtivos para as pessoas que ali irão utilizar o local, baseando-se em critérios de sustentabilidade social e ambiental. Entre os instrumentos voltados para a sustentabilidade, pode ser destacada a eficiência energética, considerando que no setor energético, ao longo dos últimos anos, vem ganhando destaque nos debates nacionais, internacionais, governamentais e não governamentais, principalmente após a Conferência das Nações Unidas em prol do Meio Ambiente, em 2015, em que foi criada a Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável”, popularmente conhecida como Agenda 2030, com 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentáveis-ODS e dentre eles o ODS7: Energia Limpa e Acessível. A partir do surgimento de conceitos envolvendo construção sustentável, foi iniciada na década de 1990, a implantação de certificações sustentáveis para edificações. Entre as ferramentas e instrumentos que reduzem os impactos causados pela construção civil, tem-se as certificações ambientais para edificações, arquitetura bioclimática, técnicas construtivas, estudos do sol e vento, possibilitando o uso de ventilação e iluminação natural na edificação. É relevante realizar pesquisas relacionadas aos sistemas de certificação, pois incentiva a utilização de práticas sustentáveis e atesta a obra e projeto por meio das certificações e etiquetagens, como LEED e PBE Edifica, que serão estudados neste trabalho. Pois o LEED é uma certificação internacional para edificações, entre eles o GBC Brasil, que foca apenas em edifícios residenciais unifamiliares, e o PBE Edifica, uma etiqueta desenvolvida e aplicada apenas no Brasil, essa dissertação teve como foco a PBE Residência Unifamiliar. Ambos os projetos, através de seus critérios analíticos, contribuem para o desempenho dos edifícios residenciais em termos de uso de energia elétrica. Neste estudo, o objetivo geral foi analisar a melhoria da eficiência energética em edificações, a partir dos sistemas de certificações ambientais e de parâmetros utilizados na arquitetura e construção sustentável. E como objetivos específicos: Identificar a localização das edificações residenciais que já possuem a certificação LEED ou PBE Edifica, no Brasil, relacionando com a realidade de cada local; Verificar a aplicação de sistemas de certificações PBE Edifica e *Leadership in Energy and Environmental Design* (LEED), usados na construção civil brasileira, para a eficiência energética; Discutir a influência de parâmetros da arquitetura bioclimática e das certificações ambientais para a melhoria da eficiência energética em edificações. Portanto é possível verificar que a certificação sustentável de edificações está relacionado com a redução do consumo de energia no Brasil, pois ajudam a mitigar e reduzir os danos ao meio ambiente, pois a aplicação desses parâmetros visa a melhoria de seus projetos de eficiência energética, juntamente com a redução do consumo de eletricidade. Além de que, à medida que os projetos começam a ser planejados, há um ganho econômico, social e ambiental, por meio da redução dos gastos, devido a priorização da utilização de mão de obra e material local, estudo da implantação no terreno, estudos que permitam o uso da ventilação e iluminação natural, evitando o uso desnecessário de condicionamento de ar e iluminação artificial, podendo ser utilizada energia renovável.

**Palavras-Chave:** Programas de certificações. PBE Edifica. LEED. Residências. Zonas Bioclimáticas.

## ABSTRACT

The civil construction sector is responsible for contributing to the growth of cities, with the purpose of building places for housing, education, health, work and leisure, in addition to moving a large part of the Brazilian economy, representing 44.4% of the Gross Domestic Product. (GDP) industry. Faced with the problems associated with the increase in electricity consumption in Brazil, especially in homes, and the consequent need for greater energy production. In an attempt to measure and reduce the impacts caused by the sector, in the 1990s, the concept of Green Building emerged, a "green building" that is aimed at buildings and urban spaces that, during their execution and use, seek to create healthy environments. and productive for the people who will use the site, based on social and environmental sustainability criteria. Among the instruments aimed at sustainability, energy efficiency can be highlighted, considering that in the energy sector, over the last few years, it has been gaining prominence in national, international, governmental and non-governmental debates, especially after the United Nations Conference on behalf of in 2015, in which the 2030 Agenda for Sustainable Development was created", popularly known as Agenda 2030, with 17 Sustainable Development Goals-SDGs and among them the SDG7: Clean and Affordable Energy. From the emergence of concepts involving sustainable construction, the implementation of sustainable certifications for buildings began in the 1990s. Among the tools and instruments that reduce the impacts caused by civil construction, there are environmental certifications for buildings, bioclimatic architecture, construction techniques, sun and wind studies, enabling the use of ventilation and natural lighting in the building. It is relevant to carry out research related to certification systems, as it encourages the use of sustainable practices and attests to the work and project through certifications and labels, such as LEED and PBE Edifica, which will be studied in this work. Because LEED is an international certification for buildings, including GBC Brasil, which focuses only on single-family residential buildings, and PBE Edifica, a label developed and applied only in Brazil, this dissertation focused on PBE Residência Unifamiliar. Both projects, through their analytical criteria, contribute to the performance of residential buildings in terms of electricity use. In this study, the general objective was to analyze the improvement of energy efficiency in buildings, from the environmental certification systems and parameters used in architecture and sustainable construction. And as specific objectives: Identify the location of residential buildings that already have the LEED or PBE Edifica certification, in Brazil, relating to the reality of each location; Verify the application of PBE Edifica and Leadership in Energy and Environmental Design (LEED) certification systems, used in Brazilian civil construction, for energy efficiency; Discuss the influence of parameters of bioclimatic architecture and environmental certifications to improve energy efficiency in buildings. Therefore, it is possible to verify that the sustainable certification of buildings is related to the reduction of energy consumption in Brazil, as they help to mitigate and reduce damage to the environment, as the application of these parameters aims to improve their energy efficiency projects, together with with the reduction of electricity consumption. In addition, as the projects begin to be planned, there is an economic, social and environmental gain, through the reduction of expenses, due to the prioritization of the use of labor and local material, study of the implantation in the field, studies that allow the use of ventilation and natural lighting, avoiding the unnecessary use of air conditioning and artificial lighting, and renewable energy can be used.

**Keywords:** Certification programs. PBE Builds. LEED. Residential. Bioclimatic Architecture

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 2.1:</b> Unidades consumidoras atendidas pelo Programa Luz para Todos (2004 a 2020).....	21
<b>Figura 2.2:</b> Geração elétrica por fonte no Brasil.....	23
<b>Figura 2.3:</b> Consumo de energia por classe (2020).....	24
<b>Figura 2.4:</b> Cronologia da Eficiência Energética.....	26
<b>Figura 2.5:</b> Origem dos recursos em 2021(%).....	31
<b>Figura 3.1:</b> Cronologia da Etiquetagem PBE Edifica.....	37
<b>Figura 3.2:</b> Tipologias do LEED.....	39
<b>Figura 3.3:</b> Categorias da certificação LEED.....	40
<b>Figura 5.1</b> Empreendimentos Residenciais registrados no Brasil-LEED, por estado.....	54
<b>Figura 5.2</b> Empreendimentos Residenciais certificados no Brasil-LEED, por estado.....	54
<b>Figura 6.1:</b> Cronologia PBE Edifica.....	67
<b>Figura 6.2:</b> PBE Edifica x Selo Procel x Procel Edifica.....	68
<b>Figura 6.3:</b> Categoria de Objetivos GBC Brasil Casa x Percentual de contribuição.....	73
<b>Figura 7.1:</b> Mapas das Zonas Bioclimáticas Brasileiras.....	86
<b>Figura 7.2:</b> Carta Bioclimática.....	87
<b>Figura 7.3:</b> Paradigma da construção sustentável.....	95

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 5.1:</b> Ranking dos dez países com maior área certificada LEED, em 2017.....	51
<b>Tabela 5.2:</b> Projetos certificados por milhão de habitantes.....	52
<b>Tabela 5.3:</b> Empreendimentos residências registrados e certificados no Brasil-LEED, por região.....	54
<b>Tabela 5.4:</b> PIB x PIB Industrial por estado 2019.....	55
<b>Tabela 5.5:</b> Consumo de energia elétrica residencial por região, em fevereiro de 2022.....	56
<b>Tabela 5.6:</b> Certificações PBE Edifica para Edificações Residenciais Multifamiliares, até 2020.....	57
<b>Tabela 5.7:</b> Certificações PBE Edifica para Edificações Residenciais para Unidade de Habitação Autônoma, até 2020.....	58
<b>Tabela 6.2:</b> Custos da Certificação GBC Brasil Casa.....	70
<b>Tabela 7.1:</b> Critérios regionais do GBC Casa Brasil.....	92

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 2.1:</b> Programas Públicos Brasileiros.....	22
<b>Quadro 3.1:</b> Certificações/Etiquetas ambientais para Edificações Sustentáveis.....	36
<b>Quadro 3.2:</b> Materiais para PROCEL Edifica em residência.....	38
<b>Quadro 6.1:</b> Resumo Geral Comparativo: GBC Brasil Casa e PBE Edifica Unifamiliar.....	69
<b>Quadro 6.2:</b> Checklist: PBE Edifica "Edificações Unifamiliares".....	72
<b>Quadro 6.3:</b> Comparativo dos Critérios: GBC Brasil Casa e PBE Edifica Unifamiliar.....	75
<b>Quadro 7.1:</b> Detalhamento das estratégias de condicionamento térmico.....	88
<b>Quadro 7.2:</b> Diretrizes construtivas para cada Zona Bioclimática.....	89
<b>Quadro 7.3:</b> Comparativo entre Zonas Bioclimáticas e certificações ambientais para construções.....	91



## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

**ACV** - Avaliação do Ciclo de Vida

**ANEEL** - Agência Nacional de Energia Elétrica

**ANP** - Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis

**AQUA**- Alta Qualidade Ambiental

**BD+C**- Building Desing + Construction

**BREEAM**- Building Research Establishment Environmental Assesment Method

**CBCS** - Conselho Brasileiro de Construção Sustentável

**CCEE**- Câmara de Comercialização de Energia Elétrica

**CDE** - Conta de Desenvolvimento Energético

**CGH**- Centrais Geradoras Hidrelétricas

**CGIEE**- Comitê Gestor de Indicadores e níveis de Eficiência Energética

**CHESF**- Companhia Elétrica de São Francisco

**CMSE**- Comitê de Monitoramento do Setor Elétrico

**CNI** - Confederação Nacional da Indústria

**CONPET** - Programa Nacional da Racionalização do Uso dos Derivados do Petróleo e do Gás Natural

**COP26**- Conferência das Nações Unidas sobre Mudança do Clima

**EEE** -Eficiência Energética de Edificações

**ENCE**- Etiqueta Nacional de Conservação de Energia

**EPE**- Empresa de Pesquisa Energética

**EPE**-Empresa de Pesquisa Energética

**GBC Brasil**- Green Building Council Brasil

**GBCI**-Green Building Certification Institute

**GEE**- Gases de Efeito Estufa

**GT-Edificações**- Grupo Técnico para Melhoria da Eficiência Energética nas Edificações

**IBGE** – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas

**ID+C**- Design + Construction

**INMETRO**- Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia

**LEED**- Leadership in Energy and Environmental Design

**MME**- Ministério de Minas e Energia

**ND**- Neighborhood

**O+M**- Operation & Maintenance

**ODS**- Objetivos de Desenvolvimento Sustentável

**OIA's**- Organismos de Inspeção Acreditados

**ONU**- Organização das Nações Unidas

**PBE Edifica**- Programa Brasileiro de Etiquetagem em Edificações

**PBE** - Programa Brasileiro de Etiquetagem

**PDE**- Plano Decenal de Expansão de Energia

**PEE** - Programa de Eficiência Energética

**PCH** - Pequenas Centrais Hidrelétricas

**PIB** - Produto Interno Bruto

**PNAD** - Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios

**PROCEL** - Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica

**PROINFA** - Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica

**RTQ-C** - Regulamento Técnico da Qualidade para o nível de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas

**RTQ-R** - Regulamento Técnico da Qualidade para o nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais

**SIN** - Sistema Interligado Nacional

**UF** - Unidade Federativa

**UHE** - Usina Hidrelétrica

**USGBC** - U. S. Green Building Council

## AGRADECIMENTOS

Quero começar os agradecimentos à Universidade Federal do Piauí (UFPI) e ao Programa de Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente (MDMA/UFPI) por terem me possibilitado estudar e realizar um sonho de ser aluna da Universidade Federal do Piauí.

À Deus e ao meu Anjo da Guarda. À minha família: aos meus pais (Rosemberg e Tina), madrinhas (Mariinha, Marlúcia e Jesus) e padrinho (Deusdete), Renan Feitosa, Gessika Maura, Lucas Nery, Desiré Nery, Tia Flávia Lorena e Tio Flávio Ferreira, que tanto torceram e vibraram comigo. Ao M.A.R.I.A. pelas orações.

Aos meus orientadores, professor Pinheiro (*in memorian*) que me acolheu no início do mestrado e me proporcionou as primeiras orientações, que sempre estará no meu coração e em minhas orações. À professora Wilza Lopes, que no meio do furacão que eu estava me guiou e acolheu no meio da reunião do colegiado “Posso orientar a Raissa sim”, me acompanhou até o final dessa jornada, com toda a sua experiência e calma, serei eternamente grata pelo acolhimento. Ao professor Marcos Lira, meu coorientador, que com a sua experiência, pôde contribuir e me ajudar ao longo da dissertação.

Quero agradecer também aos professores do programa pelos conhecimentos compartilhados, em especial ao professor Moita, sempre disponível para sanar minhas dúvidas e compartilhar os seus conhecimentos. E ao Jose Santana da Rocha (Zezinho), sempre disponível e solícito com os alunos. Aos amigos que fiz no mestrado e levo comigo para a vida, Marina Luz, Creusa Carvalho, Lilian Raquel, Darlison Fontenele, Jheycon Mattos e Ana Cristina. Aos amigos que me acompanham a mais tempo, Lucas Nery, Marielly Ibiapina, Indira Gandhi, Antônio Carvalho e tantos outros, que posso ter esquecido de mencionar, desculpa amigos, mas que sempre se fizeram presentes.

Meu muito obrigado a todos os professores e amigos que de alguma forma me ajudaram, lendo meus textos, tirando dúvidas, participando das bancas. Que Deus possa guiá-los e livrá-los de todo mal.

## SUMÁRIO

<b>1. Introdução</b> .....	11
<b>2. Aspectos gerais sobre a energia elétrica e eficiência energética no Brasil</b> .....	20
2.1 Políticas públicas no Brasil voltadas para eficiência energética.....	25
2.2 A importância da eficiência energética para o ODS7.....	28
<b>3. Certificações ambientais voltadas para edificações</b> .....	32
3.1 PROCEL Edifica.....	35
3.2 Leadership in Energy and Environmental Design- LEED.....	37
<b>4. Arquitetura sustentável e eficiência energética</b> .....	41
<b>5. O uso de certificações PBE Edifica E LEED em edificações residenciais brasileiras</b> .....	45
5.1 Introdução.....	45
5.2 A certificação LEED.....	48
5.3 O Programa PBE Edifica.....	54
5.4 Considerações Finais.....	56
5.5 Referências.....	57
<b>6. Análise comparativa entre as certificações GBC Brasil casa e PBE Edifica para edificações residenciais</b> .....	61
6.1 Introdução.....	61
6.2 Metodologia.....	64
6.3 Resultados e discussão .....	64
6.4 Considerações Finais.....	75
6.5 Referências.....	76
<b>7. Contribuições da arquitetura sustentável e das certificações ambientais para a melhoria da eficiência energética em edificações residenciais</b> .....	79
7.1 Introdução.....	79
7.2 Metodologia.....	81
7.3 Resultados e discussão .....	82
7.4 Considerações Finais.....	90
Referências.....	91
<b>8. Conclusão</b> .....	95
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	97
<b>Anexo I: Checklist: GBC Brasil Casa</b>	

## 1 Introdução

O setor da construção civil é responsável por contribuir para o crescimento das cidades, possuindo a finalidade de construir locais de moradia, educação, saúde, trabalho e lazer, além de movimentar grande parte da economia brasileira, representando 44,4% do Produto Interno Bruto (PIB) industrial (CNI, 2021). No Brasil, pode ser ressaltada a rápida industrialização e urbanização, registrando-se que, entre os anos de 1950 e 1990, a população urbana aumentou de 36% para 75% (IBGE, 2010). Com o crescimento da população, ocorre o aumento da demanda por novas construções, que possam contemplar todas as atividades necessárias deste contingente populacional (CHOAY, 2013).

Em relação à eficiência, o setor energético ao longo dos últimos anos vem ganhando destaque nos debates nacionais, internacionais, governamentais e não governamentais, tendo sido, em 2015, incluída nos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) pela Organização das Nações Unidas (ONU), fazendo parte da declaração “Transformando Nosso Mundo: A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável”, popularmente conhecida como Agenda 2030. Neste documento foram abordados 17 objetivos com a finalidade de alcançar determinadas metas por meio de ações globais e locais, como proteger o meio ambiente, acabar com a pobreza, garantir a paz a todos, moradia e dignidade. Entre eles, destaca-se o ODS7 Energia Acessível e Limpa, direcionado para que todos possam ter energia barata, confiável, sustentável e renovável (ONU, 2015).

De acordo com Frey *et al.* (2020) é importante ressaltar que qualquer fonte energética gera impacto ao ambiente, sendo a proporção do dano o que irá diferenciar dos combustíveis fósseis, como o petróleo, o gás natural e o carvão mineral. E no ODS 7 estão contidas metas sociais e econômicas, por meio da equidade e da justiça social, além de estabelecer relações entre os ecossistemas e os espaços urbanos.

De acordo com Pecci Oviedo (2020), a energia é fundamental para distintos campos, como emprego, segurança, mudança climática, produção de alimentos, infraestrutura, tecnologia. A energia é utilizada em diferentes segmentos, como o residencial, industrial, comércio, lazer, produção agrícola, entre outros, o que a faz ser tão complexa e abrangente.

As edificações consomem em média 40% da energia elétrica final mundial e produzem até 33% dos gases emitidos no mundo. Estima-se que, entre 1971 e 2004, as emissões de carbono cresceram 2,5% por ano em prédios comerciais e 1,7% em residências, dados que vêm se mantendo, representando um grande impacto gerado pelas construções, por isso, os países e

organizações criaram políticas e normas com a finalidade de reduzir o consumo de energia elétrica (ZHIQUIANG; ZHAIN; HELMAN, 2019).

Devido ao movimento universalizado da ascensão do consumo de energia elétrica, buscando um desenvolvimento para as sociedades, qualidade de saúde e vida, os avanços em eficiência energética não conseguiram minimizar os seus danos e entre 2000 a 2019, houve um crescimento médio de 2,8% no Brasil. O seu crescimento implicará em uma ampliação da capacidade instalada e melhorias na segurança energética (FERREIRA NETO; CORRÊA; PEROBELLI, 2019).

Embora, o aumento do número de consumidores reforce a necessidade de se ter maior produção de energia, é importante, também, procurar alternativas para a redução do seu consumo (SOUZA; GALLO, 2019).

No Brasil, a geração de energia é, majoritariamente, por hidrelétricas. Em junho de 2021, a produção hidrelétrica representou 58,52%, enquanto a termelétrica participou com 24,38% e a eólica, com 10,51% (ANEEL, 2021). Embora tenham surgido novas alternativas de produção de energia, como a solar e a eólica, para Silva e Vieira (2016, p. 55), “o contexto atual da matriz energética brasileira demonstra extrema dependência das fontes hídricas, [...]. Assim, a variação climática e o regime de chuvas e dos rios têm demonstrado a fragilidade do referido sistema”.

Com base no Plano Decenal de Expansão de Energia (PDE), para 2031, publicado em 6 de abril de 2022, foi observado que, devido à crise da COVID-19, o consumo final de energia aumentou 2,9% ao ano, nos primeiros cinco anos (PDE 2031). Após os grandes impactos causados pela pandemia, é previsto que o consumo de energia cresça mais próximo da normalidade, do que estava previsto no horizonte decenal e na matriz energética para 2031, havendo previsão, ainda, do crescimento de 52% para energia não renovável e 48% energia renovável (EPE, 2022).

No PDE 2031 foi realizada análise socioambiental, com base em fatos importantes, como o cenário da economia devido a pandemia COVID-19, a política energética brasileira, o posicionamento do governo brasileiro referente à neutralidade líquida do carbono, em 2050, e reduções das emissões de gases do efeito estufa, prometidos na 26ª Conferência das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (COP26). Foi verificado que a expansão prevista trará três temas distintos para as cinco regiões do Brasil: Nordeste, Sul e Centro-Oeste, a biodiversidade; Região Sudeste, os recursos hídricos; e Região Norte, os povos e terras indígenas. Temas esses que devem ser levados em consideração quando forem projetar matrizes energéticas para essas regiões (EPE, 2022).

Em dados do ano base de 2020, as hidrelétricas representaram 58,52% da geração de energia elétrica brasileira, porém nos anos de 2020 e 2019, houve crescimento da geração de energia elétrica fotovoltaica. Em relação ao consumo por classe, foi observada redução no ano de 2020, em comparação ao de 2019, em cinco das oito classes catalogadas pela EPE, mas ocorreu aumento nas classes residencial, rural e serviço público. Na classe residencial houve crescimento de 3,8%, na classe rural, o consumo aumentou 7,1%, enquanto cresceu 2,4%, na classe de serviços públicos (EPE, 2020).

Devido à necessidade de maior geração de energia para suprir a demanda, ao longo dos anos houve a necessidade de propor políticas públicas voltadas para a eficiência energética no Brasil, pois muitas vezes o país focou apenas, nas formas de reduzir o custo dos consumidores finais e, assim, não resolveu o problema. Além de ações mais efetivas, podem ser utilizados, também, incentivos aos adquirentes para adotarem tais medidas, como as certificações em edificações, que trazem resultados significativos (TISI; GUIMARÃES, 2019).

Entre as possibilidades voltadas para a sustentabilidade, pode ser destacada a eficiência energética, tema que ganhou mais visibilidade depois da publicação em 1995, do *World Business Council for Sustainable Development* (Conselho Empresarial Mundial para o Desenvolvimento Sustentável) e a ratificação do seu mérito, na Conferência das Nações Unidas em prol do Meio Ambiente e o Desenvolvimento, em 1992, no Rio de Janeiro (IDOWU, 2013).

Para Tisi e Guimarães (2019, p. 261),

“Com a efetiva implementação de mecanismos de eficiência energética, especialmente os que não necessitam de grandes investimentos, como no caso dos estímulos comportamentais apresentados, o Brasil poderá contribuir significativamente para a redução no consumo de energia elétrica e, como consequência, na redução das emissões de gases de efeito estufa na atmosfera.”

A eficiência energética é uma das abordagens mais relacionadas ao desenvolvimento sustentável, tendo se popularizado nos últimos anos, devido às empresas e seus consumidores estarem buscando equilibrar o desempenho ambiental e a economia em um só produto/serviço, auxiliando o desenvolvimento sustentável. Além disso, em países emergentes tem se propiciado crescimento econômico ao considerar planejamento do ciclo de vida e produção mais limpa (RAMOS-RAMOS *et al.*, 2020).

Na visão de Lamberts, Dutra e Pereira (2014, p. 5), a eficiência energética é alcançada quando é possível promover “conforto térmico, visual e acústico aos usuários com baixo consumo de energia. Portanto, um edifício é mais eficiente energeticamente que outro, quando proporciona as mesmas condições ambientais com menor consumo de energia.”

Nas últimas três décadas, a eficiência energética ganhou maior proporção em publicações científicas, em sua maioria concentradas nos seguintes campos de atuação: ciências ambientais, engenharia, ciências sociais, economia, administração, além de outros campos, havendo uma ligação entre o sistema produtivo e o meio ambiente (SANTOS; VIEIRA NETO; FARIAS FILHO, 2016).

Leite *et al.* (2019) comentam a importância de estabelecer medidas que visem o uso racional e eficiente da energia elétrica, como também, o crescimento da geração de energia por meio de fontes renováveis. Costa e Andrade Junior (2021) destacam como a eficiência energética pode ser aplicada ao consumo de eletricidade, pois à medida que há ascensão da demanda de energia elétrica em todo o país, existe a necessidade de aumentar a capacidade de geração das usinas, porém deve ser pensado também, no seu uso racional.

Além do mais, a busca pela eficiência energética começa a ser fundamental para todos os setores, à medida que o consumo energético cresce (DAPPER; TOMÉ; ZANATTA, 2019). Kruger e Ramos (2016) relatam como a eficiência energética pode contribuir para alguns pontos como: atender as demandas futuras de energia, segurança energética, redução dos impactos ambientais e competitividade econômica, além de estabelecer uma visão integrada com distintos setores, agentes envolvidos e a sociedade.

Desde 1980, no Brasil foram criadas legislações, visando o incentivo à eficiência energética, assim como, para aumentar a geração de energia, com a utilização de fontes renováveis. Entre elas, destaca-se o atual Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL), que é aplicado a equipamentos, eletrodomésticos, linha automotiva, residências, entre outros (ALTOÉ *et al.*, 2017).

Para tentar mensurar e reduzir impactos como poluição do ar, solo e água, além dos resíduos causados pela construção civil ainda na fase de obras, a degradação dos recursos naturais, entre outros, surgiram alguns movimentos como a pegada ecológica e instrumentos como o edifício verde. Com o objetivo de diminuir a pegada de carbono e os impactos ambientais que um edifício pode gerar durante seu ciclo de vida, é relevante observar e estudar todas as suas etapas de maneira integrada com as tecnologias (VARES *et al.*, 2019).

De acordo com Marjaba e Chidiac (2016), o modo de construir e de operar está relacionado ao maior impacto nas edificações, por isso a relevância na escolha dos materiais, como também, de se calcular o impacto da construção, durante seu uso. Para facilitar essa mensuração, os autores destacam algumas abordagens, como a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) e os sistemas de certificações.



D´Amanzo, Mercado e Karlen (2020) realizaram análise entre a arquitetura sustentável e a maneira de construir, concluindo que, edifícios que gastam quase nada de energia se integram ao meio ambiente de maneira abrangente, devido a sua transformação estar voltada para o futuro e a sustentabilidade, procurando causar o mínimo de impactos, por meio de soluções eficientes energeticamente, materiais renováveis, podendo ser replicado em diferentes regiões do mundo.

Dessa forma, é importante que desde o início do processo de construção de edificações, ainda na fase do projeto, haja a preocupação com a escolha de materiais menos impactantes ambientalmente e, também, do uso de estratégias para a redução de consumo de água e de energia. A quantificação da economia do consumo de água, de energia e de materiais usados na construção das edificações vai depender do tipo de certificação que será aplicado. Além disso, a tecnologia pode ser uma aliada relevante para adoção de inovações e sistemas focados nesse processo.

O conceito de *Green Building* ou edifício verde, se refere à proposta de edificações e espaços urbanos que durante a sua execução e utilização, buscam a criação de ambientes saudáveis e produtivos para as pessoas que irão utilizá-los, baseando-se em critérios de sustentabilidade social e ambiental (KATS, 2014).

A partir do surgimento de conceitos envolvendo construção sustentável, foi iniciada na década de 1990, a implantação de certificações sustentáveis para edificações, que estão em ascensão desde então, inclusive no Brasil. Tais certificações incentivam e orientam o uso de práticas sustentáveis e demonstram suas finalidades e vantagens, além de servirem como relevante atrativo para a comercialização, devido ao seu diferencial no mercado (COSTA; MORAES, 2013).

Zangalli Jr (2013, p. 298) destaca o aumento da quantidade de atividades que estão procurando por certificações ambientais, definidas como, normativas para o estabelecimento de “um padrão de planejamento, construção, gestão e comercialização de empreendimentos. Consiste na declaração, efetuada por um organismo de certificação, de que um produto, processo ou sistema está conforme requisitos especificados”. O autor ressalta, ainda, a necessidade de estudos para discutir e analisar a eficácia destas certificações.

Cabeza *et al.* (2013) afirmaram que a construção civil é um dos setores que mais geram impactos ambientais, devendo haver estratégias para mensurar a eficiência das edificações, como por exemplo, os programas de etiquetagens e certificações, que têm ajudado na redução do consumo de energia nas edificações.

Neste sentido, Araújo *et al.* (2016, p. 50), ressaltam a importância de estudos direcionados para a redução dos impactos causados pela construção civil, destacando o uso dos sistemas de certificação para edificações, os quais “têm o intuito de incentivar a transformação dos projetos, obra e operação das edificações, sempre com foco na sustentabilidade de suas atuações”. Entre os sistemas de certificações mais utilizados no Brasil, tem-se o *Leadership in Energy and Environmental Design* (LEED), a certificação AQUA-HQE, o Selo Casa Azul e o PBE Edifica.

Para este estudo, foram escolhidos o sistema *Leadership in Energy and Environmental Design* (LEED) e o PBE Edifica. A escolha pelo LEED se deu por se tratar de uma certificação de cunho internacional, voltada para edificações, mas que contém o *Green Building Council Brasil* (GBC Brasil), que foca, apenas, em edificações residenciais unifamiliares brasileiras. Enquanto, o PBE Edifica é uma etiquetagem desenvolvida e aplicada, apenas, no Brasil, tendo sido focado o PBE Edifica residencial unifamiliar. Ressalta-se que os dois programas contribuem para a o melhor desempenho de edificações residenciais, em relação ao uso de energia elétrica, por meio dos seus critérios de análise.

As tipologias no LEED envolvem a análise de oito áreas: 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. Cada área possui pré-requisitos que são os obrigatórios e créditos, um tipo de “bônus” (GBCBrasil, 2017).

"É comprovado que os edifícios com certificação LEED economizam dinheiro, melhoram a eficiência, reduzem as emissões de carbono e criam lugares mais saudáveis para as pessoas. Eles são uma parte crítica do enfrentamento da crise climática, atendendo às metas ESG, aumentando a resiliência e apoiando comunidades mais equitativas" (USGBC, 2022, p.01, tradução nossa).

No Brasil o LEED é comandado pela *Green Building Council Brasil*, organização que possui o objetivo de promover e desenvolver diversos sistemas de certificação, além de capacitação contínua. Nela, são utilizados cinco tipos de certificações: LEED, aplicada a todos os tipos de edificações, que são GBC Brasil Casa, apenas para casas unifamiliares, GBC Brasil Condomínio, relacionada a novas construções de condomínio multifamiliares, GBC Life, voltado para projetos de interiores e GBC Brasil Zero Energy, que é uma ferramenta para que as construções, reformas ou obras se utilizem de consumo e geração de energia renováveis em seus prédios (GBCBrasil, 2022).

A etiqueta PBE Edifica é uma iniciativa governamental brasileira, fazendo parte dos 38 programas coordenados, em conjunto, pelo Programa Nacional da Racionalização do Uso dos

Derivados do Petróleo e do Gás Natural (CONPET) e pelo Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL), ou seja, Petrobrás e Eletrobrás, respectivamente. Atua em parceria com o Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO) e a Eletrobrás/PROCEL Edifica, sendo conhecida pela Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE). Pode ser obtida em edificações comerciais, de serviços, públicas, além de residências, estando subdividida em três tipos: unidades habitacionais autônomas, edificações multifamiliares e áreas de uso comum. A etiqueta pode ser concedida em duas etapas separadamente: na fase de projeto ou do edifício construído, ou nos dois casos, quando o empreendimento ainda não está construído (PBE EDIFICA, 2018).

Diante dos problemas referentes ao aumento do consumo de energia elétrica no Brasil, principalmente, nas residências e conseqüente necessidade de maior produção de energia, ressalta-se a importância de alternativas voltadas para a eficiência energética e para a redução do consumo de energia.

Dessa forma, é importante o desenvolvimento de estudos relacionados aos sistemas de certificações ambientais, como também, sobre aspectos ligados à arquitetura sustentável, que podem contribuir para a produção de projetos arquitetônicos mais eficientes energeticamente.

Neste sentido, foram elaboradas as seguintes questões: Quais as similaridades e diferenças existentes entre as certificações LEED e PBE Edifica? Quais os trâmites e custos para se solicitar a certificação LEED e a etiquetagem PBE Edifica? Como a arquitetura sustentável pode contribuir para a melhoria da eficiência energética das edificações residenciais? Quais os benefícios da aplicabilidade da arquitetura bioclimática nas construções?

Dessa forma, tem-se como objetivo geral, analisar a melhoria da eficiência energética em edificações, a partir dos sistemas de certificações ambientais e de parâmetros utilizados na arquitetura e construção sustentável. Não faz sentido o uso da palavra desempenho para o sistema de certificações.

Como objetivos específicos, pretende-se:

- a) Identificar a localização das edificações residenciais que já possuem a certificação LEED ou PBE Edifica, no Brasil, relacionando com a realidade de cada local;
- b) Verificar a aplicação de sistemas de certificações PBE Edifica e *Leadership in Energy and Environmental Design* (LEED), usados na construção civil brasileira, para a eficiência energética;
- c) Discutir a influência de parâmetros da arquitetura bioclimática e das certificações ambientais para a melhoria da eficiência energética em edificações.

Este trabalho, além da Introdução, em que é apresentado o tema, a justificativa, a relevância da pesquisa, as hipóteses, os objetivos e a descrição de sua estrutura, está composto por mais oito seções, das quais três delas são referentes ao referencial teórico, outros três apresentam os resultados obtidos, que foram elaborados no formato de artigos, atendendo aos objetivos específicos propostos, finalizando com as conclusões da dissertação e a relação das referências utilizadas no texto.

Na segunda seção, intitulada “**Aspectos gerais sobre a energia elétrica e eficiência energética no Brasil**”, apoiado em revisão bibliográfica, foi abordado o processo de desenvolvimento do setor elétrico no mundo e como chegou ao Brasil, além de dados das fontes energéticas que abastecem o país e, também, leis, normas e ações governamentais com a finalidade de promover a eficiência energética no Brasil.

Na terceira seção, denominada “**Certificações ambientais voltadas para edificações**” são abordados alguns aspectos sobre as certificações em edifícios e fatos históricos sobre o seu surgimento. Abordando-se ainda, o conceito de arquitetura bioclimática, programas de certificações para edificações, as mais usadas no Brasil e por fim exposto os dois programas discutidos nessa dissertação PBE Edifica e LEED.

Na quarta seção, intitulada “**Arquitetura sustentável e eficiência energética**”, são apresentados conceitos e aspectos relacionados à arquitetura e construção sustentável, abordando sua contribuição para a eficiência energética.

Na quinta seção, apresenta-se o artigo intitulado, “**O uso de certificações PBE Edifica e LEED em edificações residenciais brasileiras**”, em que se aborda a Eficiência Energética relacionada a programas de etiquetagem e certificação, enfocando o LEED e PBE Edifica em residências brasileiras, relacionando-os com a realidade de cada local.

Na sexta seção, que se refere ao artigo denominado, “**Análise comparativa entre as certificações GBC Brasil Casa e PBE Edifica para edificações residenciais**”, foram abordadas características e relações entre os programas GBC Brasil Casa e PBE Edifica, por meio de análise de seus critérios de avaliação utilizado por cada certificadora.

A sétima seção refere-se ao artigo, que tem como título “**Contribuições da arquitetura sustentável e das certificações ambientais para a melhoria da eficiência energética em edificações residenciais**”, em que foram discutidos aspectos relacionados a parâmetros da arquitetura sustentável que podem contribuir para a eficiência energética.

Na oitava seção, denominada **Conclusões**, são relatados os principais resultados obtidos e discutidos no trabalho.

Por fim, na nona seção, denominada **Referências**, apresenta-se a lista de autores citados na dissertação.

## **2 ASPECTOS GERAIS SOBRE A ENERGIA ELÉTRICA E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NO BRASIL**

A reforma no setor elétrico já estava acontecendo desde 1990, concomitantemente com outras reformas, e em 1993 foi promulgado a Lei nº8.631 (BRASIL, 1993), dispondo sobre os níveis de tarifas e extinguindo o regime de remuneração garantida. Logo após em 1995, com a Lei das Concessões nº 8.987 (BRASIL, 1995) e do Decreto nº 9.074 (BRASIL, 1995), foi regulamentado o artigo 174 da Constituição Federal Brasileira (BRASIL, 1988), que estabelece que o Estado como agente normativo e regulador pode exercer a função de fiscalizar, desenvolver leis, incentivar e elaborar planejamentos com parcerias público-privadas em benefício da população e visando a economia e o desenvolvimento do país.

No ano de 2001, o Brasil passou por uma crise no setor elétrico, o que foi chamado de “apagão”, afetando várias dimensões no país, como economia, política e social. Muitos questionamentos foram levantados, entre eles a privatização e as reformas que estavam sendo aplicadas. Na época, o presidente Fernando Henrique Cardoso, levantou a bandeira da privatização, não apenas desse setor, mas de diversos serviços públicos. A orientação política à época pretendia reduzir os investimentos, como forma de contenção de gastos e privatizá-los (LEME, 2018).

A Lei nº10.438/2002, criada em 2002 (BRASIL, 2002), tinha como objetivo promover a universalização dos serviços de energia elétrica em todo país, além de criar o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (PROINFA), a Conta de Desenvolvimento Energético (CDE), a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), será responsável pela fiscalização e controle das metas anuais (BRASIL, 2002).

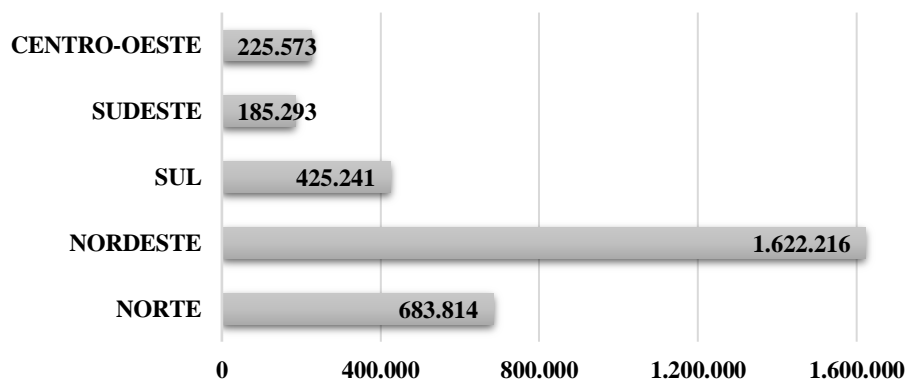
As fontes de energia são classificadas de duas maneiras: energia não renovável ou convencionais e energias renováveis. A energia não renovável ou convencional corresponde a fontes finitas/esgotáveis, pois a sua reposição natural no meio ambiente é muito lenta, podendo demorar milhões de anos, sendo exemplos disso: o petróleo, o carvão mineral, o gás natural e a energia nuclear. Enquanto as energias renováveis são aquelas inesgotáveis, pois a sua quantidade se renova a curto prazo ou constantemente, como a solar, eólica, hídrica, oceânica, hidrogênio, geotérmica e a biomassa. Algumas delas podem sofrer variação na geração ao longo do dia, como a eólica e a solar, sendo necessário, nesse caso, existir outra fonte. Por isso, a importância de racionalizar o uso de energias não renováveis e, aos poucos, migrar para as energias renováveis. Além disso, é importante verificar a fonte renovável que mais se adequa para cada localidade antes de sua implantação (EPE 2021).

Em 2003, com o programa Luz para Todos, foi prevista a universalização do sistema elétrico no país até 2008, por meio do Decreto Federal nº 4.873, de 11 de novembro de 2003 coordenado pelo Ministério de Minas e Energia, e operacionalizado pela Eletrobrás. O objetivo era atender, principalmente, a parcela da população que residia nas zonas rurais e não possuía acesso à eletricidade, o desenvolvimento da agricultura familiar, redes públicas em assentamentos, baseados no Censo 2000 (BRASIL, 2003). Cerca de 2 milhões de domicílios rurais, em torno de 10 milhões de pessoas, não usufruíam de energia elétrica em suas residências, representando 80% da população rural (SOUZA; GALLO, 2019).

De acordo com Camioto, Rebelatto e Rocha (2016), em função dos recursos energéticos serem essenciais para o crescimento dos países, esse desenvolvimento acarreta consequências para o meio ambiente, como consta no relatório do Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima (IPCC) em 2007, o qual aborda temas como as causas do aquecimento global estar atrelado as ações humanas e as emissões do CO<sup>2</sup>. Levando em consideração que à medida que as atividades econômicas crescem, o seu consumo cresce proporcionalmente, para que esse crescimento não traga danos ao meio ambiente, é necessário que as nações criem políticas pensando na eficiência energética, adoção de fontes renováveis e redução do uso de fontes fósseis.

Segundo dados da Eletrobrás (2020), desde 2004 até dezembro de 2020 foram realizadas em torno de 3,5 milhões de ligações de energia elétrica por meio do Programa Luz para Todos, beneficiando mais de 28,51 milhões de brasileiros. Até o final de junho de 2020 foram investidos R\$26,01 bilhões. Contabilizando, apenas, os contratos operacionalizados pela Eletrobras, até 2020 foram 3.141.809 novas unidades consumidoras (Figura 2.1).

**Figura 2.1:** Unidades consumidoras atendidas pelo Programa Luz para Todos (2004 a 2020)



Fonte: Eletrobrás (2020)

Além do Programa Luz para Todos, outros foram realizados no Brasil, ao longo dos anos, devido ao setor residencial apresentar uma alta dependência da rede elétrica. Alguns deles,

listados no Quadro 2.1, influenciaram, diretamente, o consumo de energia nas residências, como programas voltados para obtenção de energia elétrica nesses locais e outros, indiretamente, como o Bolsa Família, que insere dinheiro na família e faz com que a economia se movimente. Ainda se tem programas sociais para o fornecimento de casas, como o “Minha Casa Minha Vida”, atual “Casa Verde e Amarela”, fazendo com que seja ampliado o número de domicílios e, concomitantemente, aumentando o consumo de energia.

**Quadro 2.1:** Programas Públicos Brasileiros

<b>Tempo</b>	<b>Programa/Política</b>
2000-2020	Luz no Campo
2001-atual	Programa Brasileiro de Etiquetagem – Equipamentos e sistemas eletrodomésticos
2003-2020	Luz para todos
2003-2021	Bolsa Família
2005-atual	Redução de juros
2009-2021	Minha Casa Minha Vida
2010-atual	Tarifa Social de Energia Elétrica
2011-atual	Programa Brasileiro de Etiquetagem – Edifícios Residenciais
2021-atual	Programa Auxílio Brasil e programa Alimenta Brasil
2021-atual	Programa Casa Verde e Amarela

Fonte: IBGE (2019); INMETRO (2020); DATASEBRAE (2016); BANCO CENTRAL DO BRASIL (2019); BRASIL (2019); ANEEL (2019), BRASIL (2021), adaptado pela autora

Até o ano de 2019, foram estimados 72,4 milhões de domicílios, no Brasil. Desses, 99,8% de domicílios brasileiros têm acesso à energia elétrica, fornecida por rede geral ou por fontes alternativas. Desde 2016, 99,5% do total de domicílios é proveniente da rede elétrica geral, que corresponde a 72,2 milhões de domicílios (IBGE, 2020).

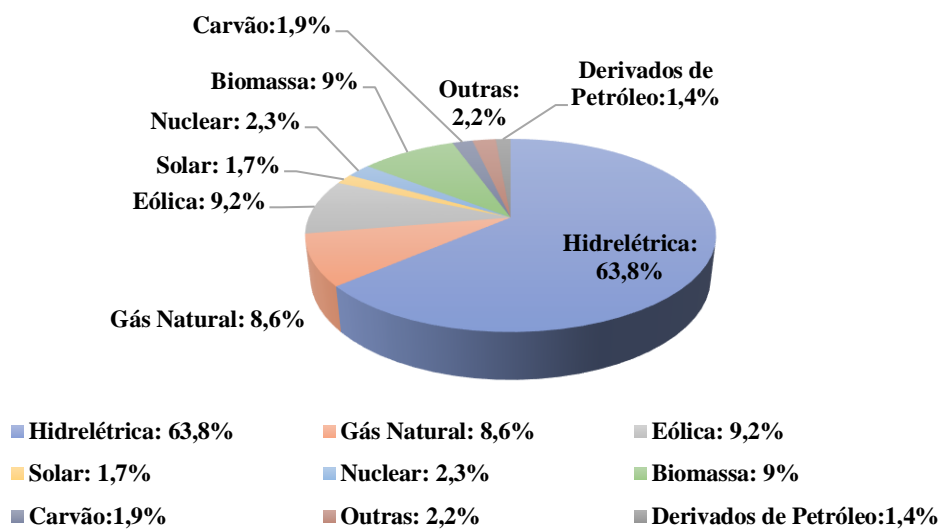
O uso eficiente da energia elétrica é um tema bastante presente internacionalmente, por fazer parte das questões do desenvolvimento sustentável e visando alcançar a sua eficiência. No Brasil, esse setor é regulado pelo Governo Federal e desde 2004 lança modelos institucionais e regulatórios. Entre os institucionais, tem-se a Empresa de Pesquisa Energética (EPE), responsável pelos estudos do planejamento energético, o Comitê de Monitoramento do Setor Elétrico (CMSE) com a finalidade de avaliar a segurança do setor e Sistema Interligado Nacional (SIN) e Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE) para celebrar os contratos de comercialização. Além deles, a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) regulariza, independentemente, o equilíbrio entre o setor econômico e os agentes financiadores,



para que haja uma relação de proteção aos custos de energia dos consumidores (GUERRA; SILVA, 2017).

A Empresa de Pesquisa Energética (EPE) publica, anualmente, o Anuário Estatístico de Energia Elétrica, com o objetivo de trazer as principais informações relacionadas ao panorama nacional do setor elétrico no Brasil. Na sua última publicação em maio de 2021, foram apresentadas algumas informações relacionadas, por exemplo, à geração de energia elétrica por fonte (Figura 2.2). É possível observar a prevalência da fonte hidrelétrica para geração de energia no Brasil, apesar de ser a predominante, existe a presença de outras fontes elétricas atuantes no país (EPE, 2021).

**Figura 2.2:** Geração elétrica por fonte no Brasil



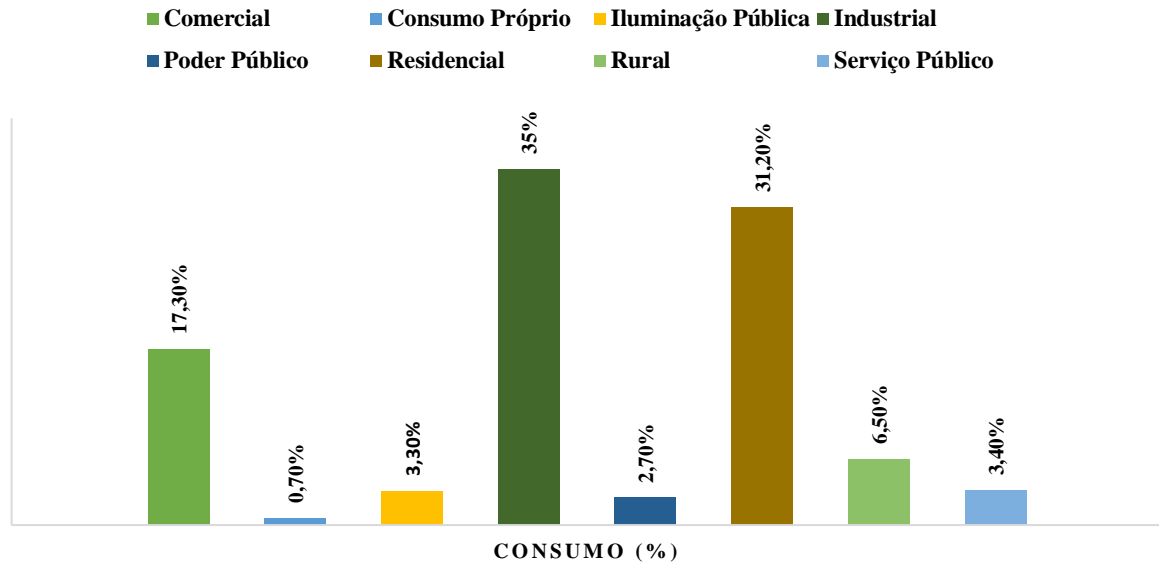
Fonte: EPE (2021)

A fonte hidráulica é composta por Usina Hidrelétrica (UHE), Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCH) e Centrais Geradoras Hidrelétricas (CGH), sendo as duas últimas de pequeno porte. As demais fontes energéticas representam 32,6%, no entanto entre os anos de 2019 e 2020 houve um aumento de 61,1% na geração fotovoltaica e uma redução de 22,1% na geração de eletricidade a partir do uso de carvão/termelétricas (Figura 2.2). As emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) em comparação a 2019, o ano de 2020 tiveram uma queda de 10% (EPE,2021).

Para análise, o consumo de energia elétrica está dividido em oito classes: residencial (31,2%), industrial (35%), comercial (17,30%), rural (6,50%), poder público (2,70%), iluminação pública (3,30%), serviço público (3,40%) e consumo próprio (0,70%) (EPE, 2021). O maior consumo está concentrado nos setores industriais, residenciais e comerciais. A classe

residencial representa o maior número de unidades consumidoras de eletricidade do país, porém o consumo médio por região ou Unidade Federativa (UF) apresenta níveis distintos em algumas regiões. Na Figura 2.3, é apresentado o consumo dividido em classes.

**Figura 2.3:** Consumo de energia por classe (2020)



Fonte: EPE (2021)

Algumas maneiras de aumentar a eficiência energética da iluminação pública é a utilização da tecnologia LED, *retrofit* das luminárias, pois propicia economia de energia, diminuição nos custos com manutenção e menos impacto ao meio ambiente, devido não possuir mercúrio em sua composição, além disso pode ser usada fontes solares, que apesar do seu alto custo de instalação, traz benefícios a médio e longo prazo sobre a conta de energia, além de ser uma fonte renovável e limpa, um recurso abundante no Brasil, outra maneira seria instalar sensores para controlar a intensidade e quando devem ser ligadas. Esses e outros recursos tecnológicos contribuem para a redução do consumo de energia elétrica e para a diminuição dos danos ao meio ambiente (CAMPISI; GITTO; MOREA, 2018).

Ao analisarem o contexto brasileiro, com base em suas relações de governança da eficiência energética no país, Latorraca, Blumenschein e Ferrari (2019) concluíram que cinco instituições se destacam por promover a eficiência energética no Brasil: o Ministério de Minas e Energia (MME), representando o poder executivo federal; o Ministério da Fazenda (MF), que provê os recursos financeiros para efetivar as políticas demandadas; o Ministério do Planejamento, Desenvolvimento e Gestão (MPOG), por organizar e gerir os apontamentos levantados; a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), pois regula, fiscaliza, transmite,

distribui, comercializa e estabelece diretrizes e, por fim, o Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO), que com a sua base técnica contribui com toda a cadeia produtiva.

Segundo Souza (2020), um dos indicadores de desenvolvimento dos países é o seu consumo de energia, porque em sua maioria, as nações mais desenvolvidas aumentam o seu consumo à medida que se desenvolvem. E com o Brasil, não poderia ser diferente, por ser um país em desenvolvimento o seu crescimento econômico está ligado, proporcionalmente, ao consumo de eletricidade (OLIVEIRA *et al.*, 2017).

As principais medidas de eficiência energética utilizadas pelo governo brasileiro, estão ligadas a etiquetagem e a certificação, ao controle restritivo de níveis de consumo em aparelhos eletrônicos e eletrodomésticos. Nas habitações, os critérios incorporados nos seus projetos para o conforto humano, bem-estar e eficiência energética, acabam sendo restritos devido ao seu alto custo, fazendo com que a aplicação em habitações de interesse social, por exemplo, seja inviável economicamente (ALBRECHT, 2020).

Abraão e Souza (2021) estimaram o consumo de energia elétrica no setor residencial, entre os anos de 2005 a 2019, concluíram que cada região possui suas particularidades, levando-se em consideração as características locais. Além disso, com os eletrodomésticos, o consumo final foi modificado nos últimos anos, existindo então, potencial para implementar medidas de eficiência energética, em todo país, porém deve ser observado o padrão de consumo da região e não fazer uma média geral do país.

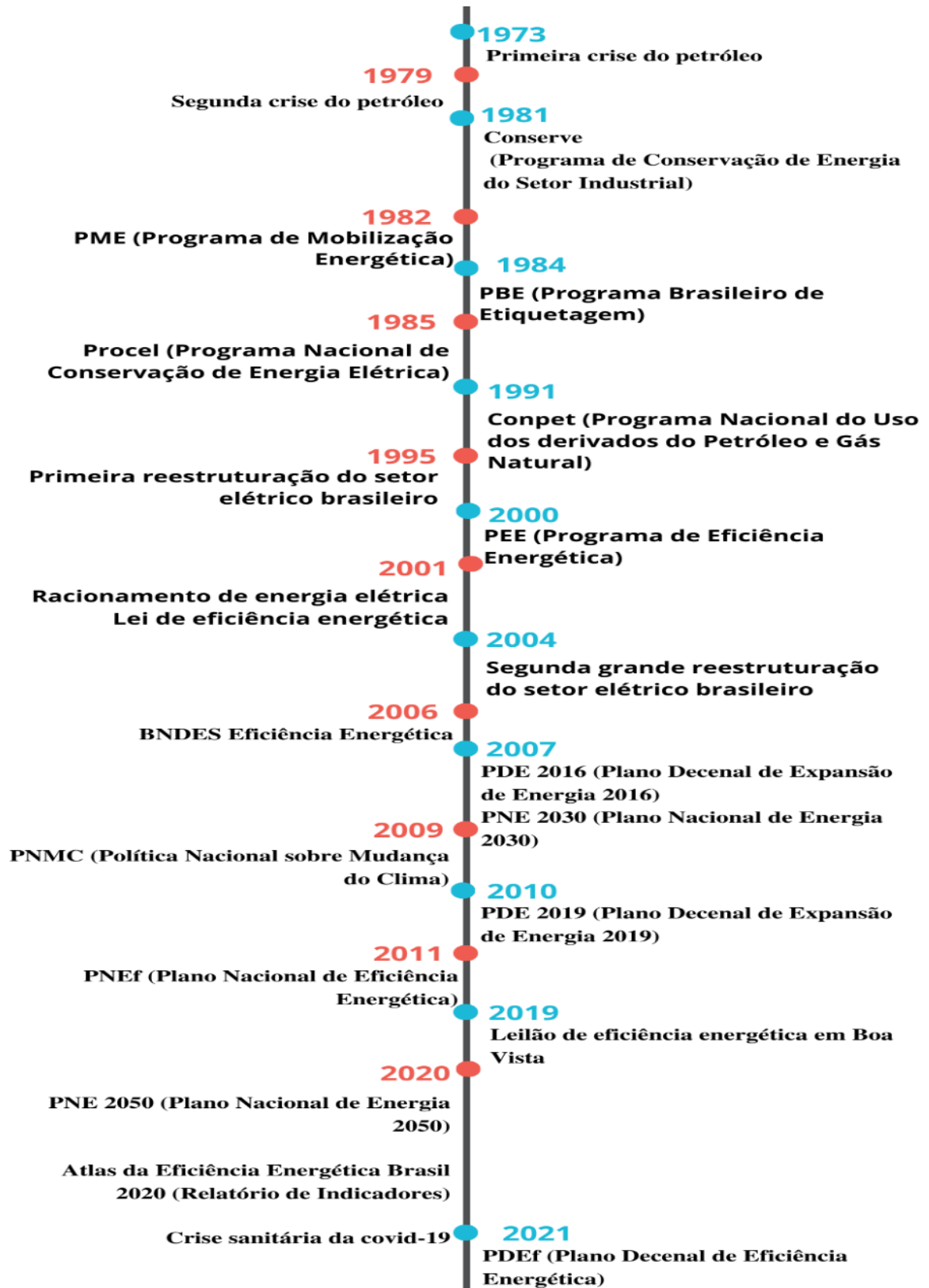
Com disso verificou-se a relevância dos programas e planos governamentais que influenciam diretamente ou indiretamente o crescimento do consumo de energia elétrica no país, além de estarem alinhados ao seu uso eficiente e o uso prioritário das fontes renováveis.

## **2.1 Políticas públicas no Brasil voltadas para eficiência energética**

Entre esses mecanismos que visam incentivar a conservação de energia, em 1970, os Estados Unidos e União Europeia formularam as primeiras normas de eficiência energética e na mesma época fixaram metas para emissão de poluentes a serem atingidos (FOUQUET, 2013).

Na Figura 2.4, é apresentada a história brasileira da eficiência energética por meio de um resumo cronológico com os principais fatos, que se inicia com a primeira e segunda Crise do Petróleo, na década de 1970, passando por distintos programas com o objetivo de minimizar e reduzir o consumo e geração de energia elétrica, leilões e planos de governo.

**Figura 2.4:** Cronologia da Eficiência Energética



Fonte: SCHUTZE; HOLZ (2021), adaptado pela autora

No Brasil, a partir da década 1980, começaram a ser formuladas legislações de incentivo à eficiência energética. A primeira iniciativa foi em 1981 com a criação do Programa Conserve, que visava “estimular a conservação e substituição do óleo combustível consumido na indústria, se constituindo como o primeiro esforço de peso na direção da conservação de energia no país”, após essa, vieram muitas outras, como protocolos que produziram efeito nas indústrias de cimento, siderúrgica e papel/celulose, substituição do óleo combustível por energia elétrica oriunda das hidrelétricas, incentivos fiscais, entre outros (BRASIL, 2007, p.149).

A crise energética em 2001, culminou com que o tema eficiência energética estivesse mais presente nas discussões, pois o seu conceito está intrinsecamente ligado a conservação da energia, preservando o meio ambiente e, em paralelo, aumentando a qualidade de vida, mas para que isso aconteça é necessário ações que envolvam as concessionárias e os consumidores (REIS; FADIGAS; CARVALHO, 2019).

Goldemberg e Moreira (2005) relatam a importância de se ter políticas públicas que fortaleçam e proporcionem melhores condições de mão de obra, tecnologias e equipamentos visando o desenvolvimento do setor, devido a energia elétrica ser uma infraestrutura e fundamental para alavancar a economia, pois é imprescindível a participação do governo para que haja uma eficiente alocação financeira dos recursos em prol de uma energia para todos e sem riscos. A energia elétrica possui grande relevância para todas as atividades, aos poucos o tema foi ganhando mais espaço e planos estratégicos em distintos países, visando uma melhor estruturação, segurança e formas de atender a demanda existente crescente a cada ano.

O Brasil possui um instrumento para executar a eficiência energética desde 2001, com a Lei nº 10.295 de 17 de outubro de 2001 “Dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia e dá outras providências”. A Eficiência energética significa gerar mais energia com menos recursos ambientais ou obter um determinado serviço mantendo o seu conforto e qualidade, sempre levando em consideração o seu planejamento e observando todas as suas etapas (EPE, 2021).

Além disso, existem distintas estratégias com esse objetivo, como programas de gerenciamento de energia, conscientização e treinamento do pessoal, adoção de tecnologias energeticamente eficientes, políticas governamentais, acordos/metast nos setores privados e públicos, normas e leis que estabeleçam índices mínimos de eficiência energética, incentivos fiscais, créditos e adoção de boas práticas. Apesar disso, há algumas barreiras organizacionais ainda para ser trabalhadas: disseminação da informação, economia, financeiro, mudança constante da tecnologia e gestão (SOLA; MOTA, 2015).

Em decorrência dos diversos problemas ambientais, as empresas relacionadas diretamente ou indiretamente com a construção civil, necessitam cada vez mais, inserir no contexto da sua cadeia de produção, o conceito de sustentabilidade, objetivando sensibilizar as pessoas e os empresários da necessidade de minimizarem os impactos socioambientais ocasionados por essas grandes corporações (FELIX; SANTOS, 2013).

Carlo e Lamberts (2010) afirmam que, o mercado da construção civil terá que se adaptar ao novo conceito de eficiência no edifício, para que o empreendimento seja viável, em nível econômico e ambiental. Certificações e etiquetas voluntárias ou não, relacionadas ao setor elétrico, contribuem para redução da demanda de energia que o país oferece, por isso a importância do trabalho em conjunto das organizações privadas e públicas, com a finalidade de implementar tecnologias e iniciativas em prol da eficiência energética (AsBEA, 2012).

Assim, devido ao aumento do consumo e geração de energia ao longo dos anos, foi necessário a criação de normas, leis, políticas públicas, incentivos e instrumentos como os programas de certificação/etiquetagem para que seja reduzido o consumo e, concomitantemente, a sua geração, além de incentivos pela geração de energia renovável. Devido a relevância a eficiência energética e energia limpa/renovável, foram e são temas de distintos debates internacionais e nacionais, como em 2015 na Conferência das Nações Unidas em prol do Meio Ambiente, que estabeleceu 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), acordo assinado por vários países que se comprometeram até 2030 cumprir tais metas, entre elas tem-se o ODS 7, que enfoca a importância da Energia Acessível e Limpa a todos.

## **2.2 A importância da eficiência energética para o ODS7**

Com o crescimento econômico e desequilíbrio ambiental no planeta, torna-se indispensável promover ações mundiais e repensar atividades para que elas utilizem fontes energéticas limpas e renováveis. O mundo vem passando por alterações para se adaptar aos novos paradigmas relacionados a mudanças climáticas e a utilização de energias renováveis, para que seja atingido o desenvolvimento sustentável, por meio de inovações tecnológicas e estudos que permitam um futuro propício a todos (SILVA *et al.*, 2019).

A ONU (2021, p.01) compreende que a energia ocupa uma posição primordial para a vida humana e crucial para alcançar os outros objetivos de Desenvolvimento Sustentável, passando por temas como a erradicação da pobreza, avanços na saúde, educação, abastecimento de água, industrialização e até o combate às mudanças climáticas. O ODS7 aborda tanto questões sociais, econômicas, quanto ambientais, o tripé da sustentabilidade, nesse objetivo são estabelecidas metas assim como nos outros, são elas:

7.1 Até 2030, assegurar o acesso universal, confiável, moderno e a preços acessíveis a serviços de energia

7.2 Até 2030, aumentar substancialmente a participação de energias renováveis na matriz energética global

7.3 Até 2030, dobrar a taxa global de melhoria da eficiência energética

7.3a Até 2030, reforçar a cooperação internacional para facilitar o acesso a pesquisa e tecnologias de energia limpa, incluindo energias renováveis, eficiência energética e tecnologias de combustíveis fósseis avançadas e mais limpas, e promover o investimento em infraestrutura de energia e em tecnologias de energia limpa

7.3b Até 2030, expandir a infraestrutura e modernizar a tecnologia para o fornecimento de serviços de energia modernos e sustentáveis para todos os países em desenvolvimento, particularmente nos países de menor desenvolvimento relativo, nos pequenos Estados insulares em desenvolvimento e nos países em desenvolvimento sem litoral, de acordo com seus respectivos programas de apoio

Todas as metas estabelecidas na Agenda 2030 são para serem executadas até 2030 e fica a critério de cada país, que assinou o Pacto Global, o estabelecimento de metas a curto ou médio prazo, ou submetas. Mccauley (2018) afirma que o ODS 7 possui a finalidade de assegurar alguns aspectos de justiça energética no seu escopo, quando menciona sobre direitos ambientais e sociais, correlacionando à segurança no abastecimento, sustentabilidade e acessibilidade ao serviço. Para Wood e Declerck (2015) o uso, fornecimento e distribuição de energia elétrica têm acarretado impactos significativos ao meio ambiente e na vida das pessoas, e ter um ODS voltado exclusivamente para esse assunto é imprescindível.

As Nações Unidas dividem o tema energia em três: energia renovável, eficiência energética e acesso à energia. A literatura na sua maioria, apresenta o conceito de eficiência energética atrelado a conservação de energia ou a adoção de tecnologias que a fazem gastar menos recursos naturais e implicando diretamente na mudança comportamental dos consumidores (OIKONOMOU *et al.*, 2009).

Para Medeiros (2019, p.179):

“Possibilitar o acesso à energia não é apenas esticar um fio de eletricidade até uma residência ou disponibilizar botijões de GLP a ela. É dar condições e tornar o uso energético coerente à sua demanda, fornecer meios de sustentação sobre as novas práticas sociais e econômicas regidas por esta nova energia, tornar esta transição em uma transformação de impactos positivos sobre a comunidade, reduzindo as desigualdades, as vulnerabilidades e aumentando relações horizontais de poder e ampliando os espaços democráticos.”

Silveira, Fagundez e Souza (2020) relatam que para ter êxito no ODS 7, há a necessidade da existência de políticas públicas que visem incentivar e fomentar a energia elétrica de forma sustentável. Com isso existem políticas públicas brasileiras em consonância com algumas das metas estabelecidas para o acesso à energia limpa e acessível, como programas de financiamentos para obtenção de energia limpa contemplando a pessoas físicas e jurídicas, como Programa Luz para Todos, Tarifa Social de Energia, entre outros.

A Portaria n° 86/GM, de 2018, divulgou por meio da participação da sociedade, dez princípios para atuação governamental no setor elétrico que estão em conformidade com o ODS 7, baseados na eficiência, equidade e sustentabilidade (BRASIL, 2018, p.1), são eles:

1. respeito aos direitos de propriedade, respeito a contratos e intervenção mínima;
2. meritocracia, economicidade, inovação e eficiência (produtiva e alocativa, do curto ao longo prazo) e responsabilidade socioambiental;
3. transparência e participação da sociedade nos atos praticados;
4. isonomia;
5. priorização de soluções de mercado frente a modelos decisórios centralizados;
6. adaptabilidade e flexibilidade;
7. coerência;
8. simplicidade;
9. previsibilidade e conformidade dos atos praticados; e
10. definição clara de competências e respeito ao papel das instituições.

Devido aos diferentes problemas no setor elétrico que o Brasil ainda passa, os desafios fizeram com que ocorressem mudanças significativas na dinâmica da oferta, geração e procura, como por exemplo o uso diversificado de geração de eletricidade como hidráulica, gás natural, petróleo, eólica, solar, entre outras, como também a geração individualizada com o uso das placas solares nas edificações. Juntamente com a evolução da tecnologia e a limitação dos recursos naturais, houve um novo pensar em prol de políticas públicas que estivessem alinhadas com os pactos globais que o Brasil assinou e se comprometeu, juntamente com as demandas do país.

Desde 2016, são publicados relatórios anuais sobre o progresso dos ODS's, tendo sido publicado, em 2017, um relatório da ONU, em que se afirmava que o ODS7 estaria atrasado no cronograma estabelecido: “O progresso em todas as áreas da energia sustentável está aquém do necessário para alcançar o acesso à energia para todos e cumprir as metas de energia renovável e eficiência energética”. Isto impactou os demais, pois apesar de serem 17 ODS, eles devem ser aplicados e entendidos como indivisíveis (UNITED NATIONS, 2017, p. 01).

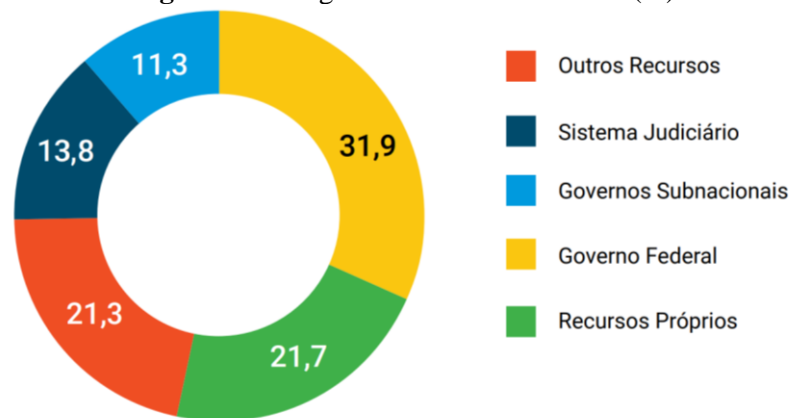
O último relatório, publicado em abril de 2021, contempla um panorama de todos os objetivos realizado por mais de 50 organizações internacionais e regionais, correlacionando com a pandemia do COVID-19, que teve início em 2020. Antes da pandemia, houve grandes avanços em algumas áreas como: redução da pobreza, melhoria da saúde infantil, aumento do acesso à energia elétrica e promoção da igualdade de gênero, em ritmo mais lento, e, ainda, avanços mais rápidos na redução das emissões do CO<sub>2</sub>, diminuição da fome e da desigualdade. Porém, com o coronavírus os objetivos do mundo se modificaram, havendo desaceleramento da economia. Em relação ao ODS 7, houve alguns avanços como, mais pessoas tendo acesso à energia elétrica, passando de 83% em 2010, para 90% em 2019, uma redução em quantidade



de pessoas sem acesso de energia de 1.220 milhões para 759 milhões, a meta para 2030 é 660 milhões sem acesso de energia (UNITED NATIONS, 2021).

O último relatório anual publicado em abril de 2022 sobre os avanços dos ODS's no Brasil, Silvia Rucks-Coordenadora Residente do Sistema ONU no Brasil, relata “Ao mesmo tempo em que assistimos o Brasil em sua resposta à COVID-19, seguimos apoiando o país em seus esforços de promoção do desenvolvimento sustentável” (ONU Brasil, 2022, p.04), as ações foram concentradas em melhorias e aperfeiçoamento das políticas públicas, cadeias de valor, gestão de recursos naturais, inovação e direitos humanos. A ONU trabalha com 661 parceiros pelo país, sendo que 90 contribuem financeiramente para a implementação das ações, no ano de 2021 essas contribuições chegaram a US\$ 234 milhões, de acordo com a Figura 2.5.

**Figura 2.5:** Origem dos recursos em 2021(%)



Fonte: ONU Brasil, 2022

Na pandemia, assim como a água, a energia, também, foi um artifício indispensável para a luta contra o coronavírus. Contudo, percebe-se que ambos sofrem problemas de falta de acesso confiável e seguro. Em todo o mundo 789 milhões de pessoas não têm energia elétrica em casa, enquanto no Brasil esse número chega a 990 mil pessoas (PEREIRA, 2021). De acordo com Genin e Romeiro (2020), até 2030 o Brasil pode gerar em investimentos voltados para práticas econômicas sustentáveis, um ganho de 2,8 trilhões no PIB e mais de 2 milhões de empregos.

Entre distintos desafios que o Brasil passou nos últimos anos, como o aumento do desemprego, ao apresentar taxa de 13,2%, também, inflação anual de 10,38, além de no pico da pandemia o número de mortes ter chegado a 3.500 por dia, destaca-se, ainda, que de 2020 a 2021, houve aumento de 22% de desmatamento na Amazônia Legal, considerando que, apenas, em 2021 foram desmatados 13.235 km<sup>2</sup> de vegetação. Mesmo com todos esses problemas e com o objetivo de avançar nos resultados em relação aos objetivos de desenvolvimento sustentável, foi elaborado um plano de trabalho para o biênio 2021/2022, com oito produtos e

251 iniciativas, porém o ODS7- Energia Acessível e Limpa obteve apenas uma iniciativa, pertencente ao Eixo Prosperidade, por meio do Produto 4.2, obtendo o resultado de um crescimento econômico sustentável (ONU Brasil, 2022).

“Produto 4.2: Capacidades institucionais ampliadas para o fortalecimento e articulação de políticas públicas nas áreas de infraestrutura, cidades, energia, sistemas de transporte e mobilidade urbana que sejam seguras e ambientalmente sustentáveis, adensadas tecnologicamente e desconcentradas para reduzir as desigualdades territoriais” (ONU Brasil, 2022, p.17).

Para que haja um maior número de pessoas com acesso à energia elétrica e seja alcançada a eficiência energética, Pishchulov *et al.* (2018) sugerem utilizar a abordagem da engenharia de transição com a intenção de gerenciar estratégias corporativistas e voluntárias a longo prazo, para que haja uma mudança por meio da gestão e inovação.

Outra ferramenta para obter resultados nos objetivos da Agenda 2030 nas construções civis é por meio das certificações e etiquetas ambientais, pois com elas é possível mensurar os impactos que determina construção promoverá e com isso pensar em formas de evitá-los.

Dessa forma, considera-se que possuir um objetivo na Agenda 2030 dedicado ao setor da energia elétrica demonstra a relevância desse tema para o desenvolvimento sustentável dos países e a preocupação em nível mundial de propor debates e estabelecer metas. O acompanhamento ao longo dos anos, está sendo por meio do Relatório de Progresso Anual dos ODS, objetivando a eficiência energética. Além dessas metas estabelecidas em níveis globais, é fundamental a adaptação delas para cada região e setor, entre os setores pode-se destacar o da construção civil estudo deste trabalho, que por meio de programas de certificações nas edificações e instrumentos voltados para a arquitetura bioclimática, proporciona a racionalização dos materiais e sua eficiência em todas as suas etapas, de implantação a utilização.

### 3 CERTIFICAÇÕES AMBIENTAIS VOLTADAS PARA EDIFICAÇÕES

Na década de 1970, por causa da crise do petróleo, do aumento no valor das tarifas e buscando uma nova estruturação do setor elétrico no Brasil, foram desenvolvidos projetos e programas de conscientização para o seu uso eficiente, visando a eficiência nas construções, como o conceito de *Green Building*. Para se obter o edifício verde são abordados padrões sustentáveis, se utilizando de tecnologias e técnicas que fizesse a construção sustentável economicamente, socialmente e ambientalmente em todas as suas fases (COSTA; MORAES, 2013).

Pode-se fazer uma correlação com o Paradoxo de Jevons ou *rebound effect*, pois no seu livro “O Problema do Carvão” de 1865, explica que à medida que as tecnologias vão aumentando a sua eficiência e se desenvolvendo, o seu consumo total aumenta no lugar de diminuir, fazendo um “efeito bumerangue”. No livro a sua pesquisa fala sobre os motores mais eficientes movidos a carvão na época da Revolução Industrial, ao invés de diminuir o seu consumo, aumentaram a sua produtividade (ALVES, 2011).

É relevante integrar a atualidade com as práticas sustentáveis, para evitar o “efeito bumerangue”, alinhando com as políticas ambientais do país, o consumo energético e as tecnologias (CEDDIA *et al.*, 2013). A não consideração desse efeito, implicará na eficiência energética e nas políticas econômicas e energéticas, pois os esforços para mitigar o consumo e as emissões dos poluentes serão estéreis. Para isso é necessário planejar e executar políticas ambientais condizentes com a realidade local e em conformidade com o desenvolvimento sustentável (RUIZ; MARTÍNEZ; FIGUEROA, 2015).

Com o surgimento dos conceitos de construção sustentável, na década de 1990, começou o movimento pela implantação de programas para melhorar as características ambientais das construções e com isso surgiram as primeiras certificações. Já havendo um consenso entre os estudiosos e agências governamentais de que essa classificação de desempenho, criaria mecanismos eficientes e de melhorias contínuas para esses sistemas de certificações (PINHEIRO, 2006).

As certificações ambientais para edificações, atestam a sustentabilidade dos empreendimentos, devido aos seus manuais, referências técnicas que contém as características e os detalhes que a construção utilizou, além de incentivar o desenvolvimento sustentável (HERZER; FERREIRA, 2016). Com elas é possível mensurar, mitigar e avaliar os seus possíveis malefícios e benefícios que uma construção irá acarretar ao meio ambiente. O percentual de empreendimentos certificados, ainda, é menor em relação à quantidade de construções que surgem todos os dias, mas o olhar de como se projetar, construir e utilizar a

partir das certificações contempla pontos e estratégias importantes para projetos sustentáveis (NUNES, 2018).

Ao longo dos anos na construção civil foram surgindo inovações e a tecnologia foi considerada como fator decisivo no impacto desse setor para os próximos anos. Tem-se como exemplo, o uso do *Building Information Modeling* (BIM); Construção modular; Ambientes Integrados; Desintermediação; Compartilhamento dos espaços; Construção 4.0; e Sustentabilidade e Eficiência Energética. Este último, que pode ser medido por meio das certificações e etiquetas, pode “ser um fator de diferenciação do empreendimento no processo de captação de recursos junto a fundos de investimento” (ABRAIN, 2019, p. 25).

A construção sustentável no Brasil tem se organizado em função de três fatores: regulamentação governamental, mudanças nas demandas do mercado e pela necessidade de se adequar a geração de menos impacto ambiental (CNI, 2012). Com o objetivo de ter edificações com seu melhor desempenho energético, é indispensável a aplicabilidade de normas e instruções que norteiem, além de poder classificar e avaliar o nível de desempenho energéticos dessas construções em suas distintas etapas (WONG; KRÜGER, 2017).

Entre os benefícios dos edifícios verdes, pode-se destacar a economia de água, energia e redução das emissões de poluentes, alta produtividade, além de eficiência no desempenho dos edifícios em relação aos convencionais. Embora eles possuam diversas vantagens, apresentam custos adicionais para que essas estratégias sejam implementadas nas construções (SUN *et al.*, 2019).

O primeiro sistema adotado no mundo foi a *Building Research Establishment Environmental Assessment Method* (BREEAM), lançado em 1990 no Reino Unido, abrangendo requisitos com enfoque no interior da edificação, materiais de construção e seu entorno. Com isso abriram as portas para um novo conceito de construção sustentável, que pudesse ser certificada por meio de requisitos pré-definidos pela instituição a qual estava implantando (GARÉ, 2011).

Olinger *et al.* (2019), realizaram estudo sobre a eficiência energética nas edificações residenciais e verificaram que o fator clima possui grande influência na decisão de equipamentos e materiais, que devem ser utilizados para o local. Então, ressalta-se a importância de realizar estudos para os diferentes tipos de grupos climáticos existentes no Brasil, para que haja o melhor aproveitamento na sua aplicabilidade.

Na construção civil existem métodos que irão contribuir para alcançar a sustentabilidade no seu setor, mediante protocolos definidos por critérios e indicadores, que surgiram inicialmente com a finalidade de avaliar o impacto ambiental das construções, mas que foram

aprimorados para fomentar a consciência da responsabilidade na área, além de certificações para cada empreendimento que deseje obtê-las (MARQUES *et al.*, 2018).

Para haver implementação de quaisquer programas almejando uma melhoria contínua, é preciso considerar as mudanças que a acarretam e quais vantagens e desvantagens podem aparecer no seu decorrer. Por outro lado, as certificações energéticas já são aplicadas em distintos países, como uma tendência mundial, dando publicidade, como forma de propaganda para seus edifícios, agregando valor aos mesmos e que devem ser observadas as suas particularidades na sua aplicabilidade no local (CARLO; LAMBERTS, 2010).

Na busca por investimentos e soluções construtivas que priorizem a reutilização da água, o uso da iluminação e ventilação natural, materiais construtivos reciclados ou que contribuam para geração de menos impacto ao meio ambiente, destaca-se também a busca pela eficiência energética e o seu desempenho nas construções (RUSSELL-SMITH; LEPECH, 2015).

A aplicabilidade da eficiência energética nas edificações é importante, pois atende aos requisitos de conforto dos usuários, como térmico, luminoso e considerando, também, os equipamentos de circulação como elevadores, escadas rolantes, entre outros. Ressalta-se que, com um bom planejamento é possível construir um edifício que gaste até 45% menos energia, em comparação a outro com características semelhantes (MARTINEZ *et al.*, 2009).

O fato de ser considerado o consumo energético para abastecer os sistemas de climatização e iluminação artificial já estarem em pautas a mais de três décadas, foi ponto importante para que fossem repensadas as premissas arquitetônicas. Simultaneamente aconteciam pesquisas de outras tecnologias que visassem a sustentabilidade nos ambientes arquitetônicos. Devido as preocupações com o consumo de energia, que se originaram em 1970, o tema arquitetura sustentável não se limitou apenas ao consumo energético, evoluiu para outros aspectos do impacto que a construção civil acarreta para o meio ambiente, gerando uma busca por processos na industrialização dos materiais e por sistemas prediais mais eficientes (GONÇALVES; DUARTE, 2006).

Segundo Kats (2014), a adesão de métodos sustentáveis nas construções no Brasil ainda é vista com certa resistência por alguns construtores, devido aos custos iniciais para a sua implantação, entretanto, esses custos a mais poderão ser ressarcidos tanto na venda do imóvel, quando serão compensados no uso do dia a dia da vida útil do empreendimento.

Em estudo realizado por Latorraca, Blumenschein e Ferrari (2019), foi constatada falha de comunicação entre as partes interessadas na eficiência energética e demais públicos, como por exemplo as universidades, consumidor, fornecedor, agentes, limitando a troca de informações. Os autores questionaram se nas políticas de certificações usadas no Brasil, existe

algum estímulo à inovação, afirmando que falta, também, uma maior divulgação para sua melhor difusão entre as pessoas.

Com o objetivo de conseguir o “edifício verde”, as certificações/etiquetas começaram a ser usadas no Brasil em 2003, mas já existindo cerca de oito certificações de distintos países. Entre elas, as mais usuais são: *Leadership in Energy & Environmental Design-LEED*, Alta Qualidade Ambiental- AQUA, Procel Edifica e o Selo Casa Azul Caixa. Todas elas avaliam a sustentabilidade do edifício, em termos gerais, por meio de critérios de avaliação, organizados por categorias e tipologias. Após essa análise recebem o certificado, caso atinjam o desempenho mínimo dos critérios pré-estabelecidos (ROMERO; REIS, 2012).

**Quadro 3.1:** Certificações/Etiquetas ambientais para Edificações Sustentáveis

<b>CERTIFICADO</b>	<b>PAÍS</b>	<b>LANÇAMENTO</b>
BREEAM	Reino Unido	1990
HQE	França	1990
SBTool	Reino Unido	1990
PBQP-H	Brasil	1991
LEED	Estados Unidos	1998
Procel Edifica	Brasil	2003
Processo AQUA	Brasil	2008
Casa Azul	Brasil	2010

Fonte: COSTA; MORAES (2013)

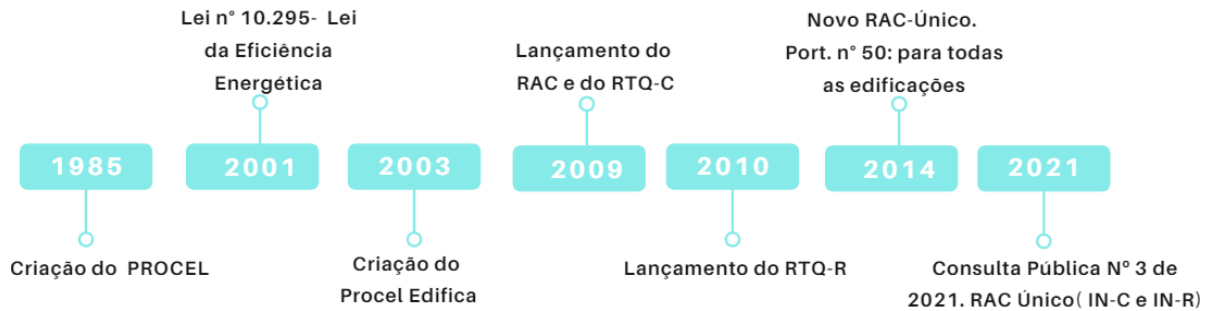
Sugahara, Freitas e Cruz (2021), utilizando os principais instrumentos de certificação ambiental aplicáveis na construção civil brasileira: AQUA, LEED, Casa Azul e PROCEL Edifica, verificaram que não existe um método melhor ou pior, e sim que cada certificação é mais indicada para determinado empreendimento, e que essa escolha deve levar em consideração alguns fatores como: características dos métodos de certificação, dimensão e localização do empreendimento, recursos financeiros disponíveis, objetivos pretendidos, entre outros.

### **3.1 PROCEL Edifica**

Surgiram no Brasil, em 1984, discussões por meio do INMETRO, para a criação de programas de avaliação de desempenho energético. Em 1985, foi criado o PROCEL, etiquetando e verificando produtos da linha branca, em 2001 a Lei Federal nº10.295, popularmente conhecida “Lei da Eficiência Energética” (Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia) e o Decreto nº4.059 regulamentando-a, determinando os níveis máximos e mínimos de eficiência energética. Em 2003, foi criado o Comitê Gestor de Indicadores e níveis de Eficiência Energética (CGIEE) e no mesmo ano, o Grupo Técnico

para Melhoria da Eficiência Energética nas Edificações (GT-Edificações), que regulamenta e elabora procedimentos para avaliação das edificações construídas no Brasil em nível energético (Figura 3.1) (PBE EDIFICA, 2018).

**Figura 3.1:** Cronologia da Etiqueta PBE Edifica



Fonte: PBE Edifica (2018), INMETRO (2021).

Em 2009, foi lançado pelo PROCEL o Regulamento Técnico da Qualidade para o nível de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas (RTQ-C) e, posteriormente, em 2010, o Regulamento Técnico da Qualidade para o nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais (RTQ-R). Esses regulamentos possuem a finalidade de criar condições e especificar requisitos técnicos e métodos para essa classificação do Procel (PBE EDIFICA, 2018).

Em 2014, houve o lançamento do Requisitos de Avaliação da Conformidade para a Eficiência Energética de Edificações (RAC Único), que possui a finalidade de utilizar um único documento para edificações residenciais, comerciais, de serviços e públicas. Desde março de 2021, está em consulta pública a Portaria Definitiva nº3 do RAC, por enquanto apenas referente as Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas, que substituirá o RTQ-C e passará a ser Instrução Normativa Inmetro para a Classificação de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas (INI-C). Posteriormente, haverá a consulta pública para substituir o RTQ-R, pela Instrução Normativa Inmetro para a Classificação de Eficiência Energética de Edificações Residenciais (INI-R) (INMETRO, 2021).

Sirtuli, Dias e Rodrigues (2022), realizaram um estudo comparativo entre o RTQ-C e o INI-C em edificações históricas, concluindo que o método RTQ-C possui limitações, pois não permite a caracterização dos dados subjacentes da edificação, como a orientação solar. A simulação do INI-C apresenta melhorias em relação ao método anterior, como a remoção de pré-condições existentes no RTQ-C que induziam viés de marcação. No entanto, não é o ideal para avaliar edifícios históricos porque os métodos construtivos propostos para o modelo de referência em que se baseia a avaliação estão longe da realidade dos edifícios históricos.

A Etiqueta do PROCEL Edifica faz parte do Programa Brasileiro de Etiquetagem-PBE e foi desenvolvida em parceria entre o Inmetro e a Eletrobras/Procel. Esse instrumento é um dos tipos da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia- ENCE, que já classificava produtos domésticos de acordo com sua eficiência, variando de “A” (mais eficiente) a “E” (menos eficiente), tendo iniciado em 2009, a etiquetar edificações. Existe duas formas de certificar uma edificação, por meio dos Organismos de Inspeção Acreditados (OIA’s), em Eficiência Energética de Edificações (EEE), podem expedir a etiqueta PBE Edifica. Atualmente existem cinco OIA’s no Brasil, em Natal (RN), Florianópolis (SC), São Paulo, SP, Pelotas, RS e Brasília DF; e por meio do profissional autorizado pelo INMETRO. Destaca-se que, para o empreendimento surgem inúmeros benefícios, entre eles o de proporcionar economia energética em torno de 30% a 50%, quando possui a etiquetagem, por meio do uso de equipamentos adequados e um ambiente construído de forma pensada (INMETRO, 2018).

No Quadro 3.2, apresenta-se a lista dos materiais fornecidos no próprio site oficial da certificadora, para auxiliar e orientar a obtenção da certificação e selo, em edificações residenciais.

**Quadro 3.2:** Materiais para PROCEL Edifica em residências

<b>Materiais de Interesse</b>	<b>Função</b>
<b>Regulamento</b>	RTQ-R - Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais e o RAC - Requisito de Avaliação da Conformidade para Edificações e suas Portarias Complementares.
<b>Manuais</b>	Possuem o objetivo de facilitar a aplicação do RTQ-R e RAC. Entre os principais documentos estão o manual do RTQ-R e do RAC, e os Manuais para Nível A, que reúnem as diretrizes para a obtenção da Etiqueta PBE Edifica nível A.
<b>Planilhas e Catálogos</b>	Auxiliar no cálculo do método prescritivo do RTQ-R.
<b>Cursos</b>	Disponíveis para download, disponibilizamos slides sobre o método de simulação para edificações residenciais.
<b>Simulação</b>	Arquivos relacionados ao método de simulação do RTQ-R.
<b>Vídeos</b>	Para a melhor fixação e aprendizado.

Fonte: PBE Edifica (2018)

### **3.2 Leadership In Energy And Environmental Design- LEED**

Os edifícios verdes surgem como uma resposta da indústria ao cumprimento do desenvolvimento sustentável, seu crescente interesse percorre em várias dimensões. Os sistemas de classificações são ferramentas avaliativas baseadas em distintos critérios estabelecidos pela entidade certificadora, entre elas tem-se o *Leadership in Energy and Environmental Design-LEED* lançado em 1999, possuindo a finalidade de melhorar as



excessivas quantidades de consumo de energia, o melhor aproveitamento dos recursos, evitando ou mitigando os impactos causados ao meio ambiente (GLUSZAK; MALKOWSKA; MORONA, 2021).

O *Leadership in Energy and Environmental Design*-LEED foi criado em 1996 e lançado em 1999 pela organização não governamental americana *USGBC- U. S. Green Building Council*, é uma certificação voluntária e sem fins lucrativos, mas não é gratuita, os custos incluem as taxas e certificação, o cadastro é um valor fixo de \$1.200 dólares para sócios e \$1.500 dólares para não sócios, que devem ser pagas no ato da inscrição, para pré-certificação uma taxa fixa por edifício de \$4.000 dólares para membros e \$5.000 para não membros, as demais taxas vai depender do tipo de certificação e o tipo de edificação a ser certificada. (USGBC, 2021).

O LEED, utilizado em mais de 160 países, incluindo o Brasil, é um sistema internacional de certificações e orientação ambiental para edificações, oriundo dos Estados Unidos, que objetiva incentivar a sustentabilidade com a transformação de projetos e obras. Possui quatro tipologias: *Building Design + Construction* (BD+C) para novas construções e grandes reformas; *Interior Design + Construction* (ID+C) para escritórios comerciais e lojas de varejo; *Operation & Maintenance* (O+M) para empreendimentos existentes; e *Neighborhood* (ND) para bairros (Figura 3.2) (GBCBrasil, 2017).

**Figura 3.2:** Tipologias do LEED



Fonte: GBC Brasil (2021)

O sistema LEED fornece a certificação de edifícios que utilizam projetos visando a construção, operação e soluções de manutenção, sobre referências de eliminação dos impactos ambientais na construção e após. Por isso, que esses empreendimentos são influenciados positivamente pelas decisões tomadas durante a fase de concepção (CHOI *et al*, 2015).

Trata-se de um sistema internacional de orientação e certificação para edificações, que incentiva a transformação dos projetos, obras e operações nas edificações, focando na

sustentabilidade, baseado em itens definidos pelo programa. Possui pontos obrigatórios e recomendações que devem ser atendidas com base no nível de certificação pretendida, podendo ser alcançado quatro níveis de certificação: Certificado LEED, Prata, Ouro e Platina, como visto na Figura 3.3. (CAMPOS; MATOS; BERTINI, 2009).

**Figura 3.3:** Categorias da certificação LEED



Fonte: GBC Brasil (2021)

A Certificação Ambiental LEED, criada em 1998, tem a V4, como última versão, “que passou a ser obrigatória a partir de outubro de 2016 e trouxe diversas atualizações técnicas de acordo com as mudanças do cenário contemporâneo dos projetos arquitetônicos” (PASSOS; BRUNA (2019, p. 43).

O LEED possui 4 tipologias e dentro das tipologias são analisadas oito áreas: 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. Cada área possui seus pré-requisitos, são ações obrigatórias para qualquer empreendimento que busca a certificação e o não cumprimento, impossibilita de receber a certificação. Os créditos, são opcionais, focados em performances de desempenho e cada crédito recebe uma pontuação a mais. O máximo de pontos possíveis são 110 pontos, sendo conquistados à medida que o empreendimento aplica os créditos sugeridos pelo LEED (GBC Brasil, 2021).

Para participar do processo é necessário fazer um registro do projeto, pela página web da *Green Building Certification Institute* (GBCI), cujo objetivo é avaliar as práticas adotadas, durante a execução do projeto, visando diminuir os impactos ao meio ambiente e aos seus futuros usuários. Essa avaliação ocorre por meio de um checklist, em que, cada requisito cumprido vale um ponto e a soma deles classificaria a certificação em quatro tipos, que são: certificado, prata, ouro e platina (OLIVEIRA *et al.*, 2018).

Oliveira e Faria (2019) realizaram um estudo, visando mensurar o impacto econômico da construção sustentável do Estádio Mineirão em Belo Horizonte, MG, certificada pelo LEED, no nível Platinum, em que recebeu 81 pontos. Devido a adoção dessas medidas, estima-se redução anual de custos, de R\$1.987.834,06, originária da eficiência energética, por meio de adoções de medidas estipuladas na certificação LEED: tecnologias, sensores de presença para lâmpadas, captação da água da chuva, brises, uso de placas solares como fonte de energia elétrica.

O programa de certificação do LEED, levantou discussões sobre questões ambientais envolvendo a construção civil, como: os impactos causados nas suas distintas fases; o uso de tecnologias e processos menos agressivos ao meio ambiente; o repensar a eficiência da utilização da água, energia e matérias primas e suas aplicabilidades; emissão dos poluentes e resíduos. A sua obtenção proporciona o envolvimento de todos os envolvidos no processo da construção, havendo uma ampla troca de saberes (RECH *et al.*, 2018).

A utilização de programas de certificação de edifícios sustentáveis como o LEED, traz benefícios em termos de sustentabilidade como no consumo de água e energia elétrica, além de reduzir significativamente os custos operacionais durante a obra da construção. As estratégias previstas nele, caso sejam seguidas durante a fase de projeto, podem representar reduções no consumo ainda na fase de construção (RIBERO *et al.*, 2016).

Em 2007, a certificação LEED chegou oficialmente no Brasil, administrada pela *Green Building Council Brasil-GBC Brasil*. Por ser um modelo internacional, passou por mudanças, para se adequar à realidade brasileira, porém já havia empreendimento certificado no país, desde 2004, como o Centro de Pesquisas da Petrobrás, sendo ele o primeiro projeto brasileiro registrado no sistema (FIGUEREIDO; SILVA, 2012).

Por meio da GBC Brasil, foi criado em 2012, o programa Casas Sustentáveis, que possuía a intenção de avaliar residências unifamiliares nos quesitos sustentáveis. Para isso, contou com a participação de 200 profissionais do setor, que formaram comitê técnico, o qual estabeleceu os parâmetros que estão hoje na Certificação GBC Brasil Casa. Na versão 1, foram selecionados nove projetos pilotos e na versão 2, em 2017, houve uma revisão e adaptação nos parâmetros, para que houvesse uma nova certificação GBC Brasil Condomínio, pois nela são avaliados as residências unifamiliares e as multifamiliares (GBC BRASIL, 2019).

Nykitos *et al.* (2012), realizaram um estudo, enfocando 160 edifícios, que possuíam certificação LEED e verificaram que os empreendimentos certificados apresentaram economia de 31%, no consumo de energia elétrica, além de apresentarem redução do custo na sua manutenção, de US\$7 por metro quadrado, em relação às construções não certificadas.

Em estudo realizado no Canadá, Kim, Son e Son (2020) concluíram que, uma edificação que atenda a todos os critérios previstos na certificação LEED, se torna até 49,9% mais cara que uma edificação não certificada, porém, os custos com sua manutenção e reparos são 25,6% menores, ou seja, há um custo-benefício a médio e a longo prazo.

Diversos países estão procurando desenvolver sistemas de certificações em edificações, aliados à tecnologia e estudos, com o intuito de reduzir os efeitos dos gases de efeito estufa e o consumo de energia. Aos poucos, eles estão sendo mais difundidos, devido à conscientização e à publicidade sobre seus benefícios, como eficiência e sustentabilidade.

#### 4 ARQUITETURA SUSTENTÁVEL E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

A construção civil, segundo Amadei (2011), representa um dos setores que mais causa danos ao meio ambiente, por meio dos desperdícios de materiais, emissão dos poluentes e alto consumo de energia elétrica, despertando o interesse para o desenvolvimento de pesquisas nesta área. Devido este setor possuir alto consumo de recursos do meio ambiente, geração de energia e de resíduos, houve a necessidade de implantar medidas para redução dos seus danos ao meio ambiente e, concomitantemente, construir edificações sustentáveis, por meio de estudos voltados ao clima do local, utilizando materiais locais, observando a sua funcionalidade e respeitando o entorno que será implantado.

Neste sentido, destaca-se o papel da arquitetura sustentável, que apresenta caráter essencialmente multidisciplinar, também conhecida por arquitetura verde, arquitetura ecológica, arquitetura bioclimática, arquitetura ambientalmente correta, arquitetura de baixo impacto, mas que todos esses termos estão correlacionados ao desenvolvimento de projetos arquitetônicos que visem a sua eficiência e sustentabilidade.

Para Corbella e Yannas (2009, p. 19), com elementos da arquitetura sustentável buscase a concepção e o desenvolvimento de edificações que tenham como objetivo “o aumento da qualidade de vida do ser humano no ambiente construído e no seu entorno, integrado com as características de vida e do clima locais, consumindo a menor quantidade de energia compatível com o conforto ambiental [...]”

A arquitetura sustentável, segundo Gonçalves e Duarte (2006, p. 53), deve relacionar o projeto, o ambiente e a tecnologia, considerando, ainda, os contextos ambiental, cultural e socioeconômico, sendo a “síntese entre conceitos arquitetônicos, fundamentos do conforto ambiental, técnicas construtivas e de operação predial, e a esperada eficiência energética [...]”

Em estudo realizado por Barbosa *et al.* (2020), com a finalidade de propor uma construção, por meio de estratégias e conceitos sustentáveis em Belém-PA, verificou-se que isso potencializou o conforto ambiental nessa construção. Foram utilizadas as seguintes estratégias: teto e superfícies verdes, que diminuem as temperaturas provocadas pelo sol; reaproveitamento de materiais regionais, como a fibra do coco e o caroço do açaí para minimizar a carga térmica, no interior da edificação e consumir menos ar refrigerado. Também, foi realizado um estudo dos ventos, para que houvesse uma ventilação natural cruzada permanente e proteção das suas fachadas com brises.

Durante o século XX, houve grandes mudanças na forma de se construir, pois à medida que as tecnologias foram evoluindo, as técnicas construtivas também foram se aperfeiçoando.

Uma dessas mudanças foi permitir que as paredes perdessem a função estrutural e pudessem ser apenas vedação, materiais pesados e robustos, passaram a ser leves e esbeltos e com a mesma função, construções mais rápidas e limpas (KEELER; VAIDYA, 2018).

Estudos voltados para a aplicação da arquitetura bioclimática, prevê em seus projetos a sua adaptação de acordo com o local que será construído, levando em consideração alguns fatores como: o clima, materiais locais, sistemas construtivos. As estratégias bioclimáticas contribuem também com a eficiência energética das edificações (SZOKOLAY, 2008). Além das certificações, outra ferramenta é a arquitetura bioclimática que consiste em integrar a edificação com aspectos do clima, realizando estudos de conforto ambiental, carta solar, recursos naturais, utilização de materiais da localidade, poupando energia e contribuindo para a qualidade de vida dos futuros usuários (CORBELLA; CORNER, 2011).

Oliveira e Lunardi (2018, p. 286) analisaram a influência das características bioclimáticas da cidade de Mossoró no Rio Grande do Norte, para o consumo de energia elétrica das edificações. Verificaram, então, que “os aspectos arquitetônicos e construtivos da envoltória analisados nos estudos de caso influenciaram o consumo de energia elétrica”, pois alguns aspectos contribuíram para minimizar a radiação solar e aquecer o interior das edificações, tais como o uso de cores claras e refletivas nas fachadas, pouco uso de vidros e marquises, aspectos esses relevantes para o clima quente e seco, da cidade em estudo.

Brito, Nobre e Oliveira (2017, p. 39), em estudo denominado “Arquitetura com cheiro de mato”, em que se misturou na sua concepção do processo participativo mais a arquitetura bioclimática, para construir um centro comunitário. Para isso, identificaram os desejos da comunidade, por meio de palavras como, terra, mato e a partir daí explorou-se ideias de lugares abertos, com acesso a natureza, tons terrosos e foram utilizados materiais locais e naturais, como cimento queimado, pedras, madeira, plantas locais. Dessa forma, verificaram “a importância de incorporar estratégias bioclimáticas e participativas ao projeto arquitetônico, no processo de concepção, como forma de garantir resultados integrados aos valores ambientais e da comunidade”.

Na construção civil, é relevante a adoção de práticas para o reaproveitamento e a reciclagem dos resíduos sólidos gerados em obras, podendo ser utilizadas algumas ferramentas nos próprios canteiros de obras relacionados a gestão ambiental, como adequá-lo com a finalidade de se obter uma construção sustentável por meio da Produção Mais Limpa (LUZ; CAVALCANTE; CARVALHO, 2014).

Em estudo realizado por Schuster e Taboni Junior (2020), sobre as práticas aplicadas no canteiro de obra, que podem contribuir para uma obra/construção sustentável, foi observado

que existem inúmeros softwares e ferramentas de gestão com essa finalidade. Uma dessas ferramentas é a Produção Mais Limpa, que otimiza a gestão dos resíduos da obra, reaproveitando ao máximo para ser aplicado na construção e reciclagem. Foi identificado que uma obra em Cascavel, no Paraná, nos seus 17 meses, resultou em 325,00 m<sup>3</sup> de resíduos da construção civil que se fossem aplicadas práticas de sustentabilidade no canteiro de obras, conseguiriam reduzir os custos nas compras dos materiais e a exploração dos recursos naturais, além de transformar essa despesa em fonte de renda que poderia ser revertida na compra de outros materiais.

Na visão de Patzlaff, Kern e González (2010), projetos com apelo sustentável, agregam valor à edificação, reduzem os custos e resíduos, melhoram o desempenho do edifício, proporcionando qualidade de moradia para os seus usuários. Os autores comentaram, ainda, sobre a importância de uma boa coleta de informações, antes da realização do projeto, que infelizmente, muitas vezes, é feita apenas com os proprietários e projetistas, não havendo informações dos futuros usuários, pois por meio dessas informações seria possível tomar decisões mais precisas e atingir os melhores resultados de sustentabilidade e eficiência para a edificação.

Glehn e Kos (2021) ao realizarem pesquisa sobre o desempenho térmico e lumínico das edificações residenciais em Brasília-DF, concluíram que, devido o projeto arquitetônico ter levado em consideração a orientação do sol, clima e sua função, atende os requisitos de desempenho térmico e lumínico. Além disso, os autores levantaram a questão sobre a relevância do papel do arquiteto, para que uma edificação consiga possuir um equilíbrio entre o financeiro, a estética das suas fachadas, a qualidade de vida dos seus usuários e o conforto, sem deixar de pensar na sustentabilidade da edificação.

Entre as formas de evitar que uma edificação sempre se renove e esteja em uso, é o *retrofit*, de acordo com Roméro (2020) é um campo da arquitetura com base na atualização tecnológica do seu sistema construtivo, onde são realizadas modificações que visam contribuir para o melhor desempenho e eficiência da edificação, prolongando a sua vida útil.

Gaspar (2012) relata que apesar do uso do *retrofit* não ser tão recente no Brasil, ainda é uma ferramenta que é pouco usada, mas em ascensão. O autor destaca que a prática dessa ferramenta é fundamental para o desenvolvimento sustentável, devido o prolongamento da vida útil da edificação, evita os impactos e custos de uma nova construção, preserva um prédio, incentiva a preservação e aproveita uma infraestrutura já existente.

Existe uma diferença entre *retrofit* e reforma, pois o primeiro surgiu na Europa e nos Estados Unidos, e com o significado de “colocar o antigo em forma”, seria uma revitalização das

edificações, a modernizando e adaptando suas instalações. Enquanto a reforma, é o simples ato de reparar ou realizar pequenas intervenções, não alterando por completo a edificação (TDGI, 2020).

O *retrofit* de acordo com Silva, Terceiro Neto e Golveia (2018), possui o objetivo de revitalizar as edificações antigas por meio da modernização de tecnologias e da aplicação dos materiais recentes, fazendo com que haja uma harmonização entre os ambientes e proporcionando qualidade aos usuários.

Devido o setor da construção civil possuir um alto consumo de recursos do meio ambiente, geração de energia e resíduos, houve a necessidade de implantar medidas para que houvesse uma redução dos seus danos ao meio ambiente e concomitantemente construir edificações sustentáveis por meio de estudos voltados ao clima do local, utilizando materiais locais, evitando produtos externos, observando a sua funcionalidade e respeitando o entorno que será implantado.



## **5 O USO DE CERTIFICAÇÕES PBE EDIFICA E LEED EM EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS BRASILEIRAS**

### *THE USE OF PBE EDIFICA AND LEED CERTIFICATIONS IN BRAZILIAN RESIDENTIAL BUILDINGS*

#### **RESUMO**

Eficiência energética consiste em ações com a finalidade de melhorar o uso das fontes de energia e integrar produção e consumo de energia alinhados ao desenvolvimento sustentável. Devido a eficiência energética atuar em distintos campos, na construção civil foi desenvolvido por distintos países, programas e políticas visando a eficiência energéticas das edificações, sendo elas em construção ou já construídas. Dentre eles pode-se citar os mais usuais no Brasil: LEED, AQUA, Selo Casa Azul, PBE Edifica e Selo Procel. Nesse artigo foram estudados o PBE Edifica e LEED, com o objetivo identificar a localização das edificações residenciais que já possuem a certificação LEED ou PBE Edifica, no Brasil, relacionando com a realidade regional. Por meio da abordagem qualitativa, do tipo descritiva. As certificações e etiquetagens estudadas aqui, visam a eficiência energética das edificações, devido promoverem o desenvolvimento sustentável direta ou indiretamente aos seus moradores e as pessoas que a utilizam, pois proporcionam conforto térmico-acústico, visual, economia financeira, entre outros, por meio dos métodos utilizados pelas certificadoras. Verificou-se que a Região Sudeste, principalmente o Estado de São Paulo possui mais certificações emitidas tanto no LEED, quanto no PBE Edifica.

**PALAVRAS-CHAVE:** PBE Edifica. LEED. Certificação. Edificações Residenciais. Eficiência energética

#### **ABSTRACT**

Energy efficiency consists of actions aimed at improving the use of energy sources and integrating energy production and consumption in line with sustainable development. Putting energy efficiency to work in different fields, in civil construction, programs and policies have been developed by different countries aiming at the energy efficiency of buildings, whether they are under construction or already built. Among them, the most common in Brazil can be mentioned: LEED, AQUA, Selo Casa Azul, PBE Edifica and Selo Procel. In this article, the PBE Edifica and LEED were studied, with the objective of identifying the location of residential buildings that already have the LEED or PBE Edifica certification, in Brazil, relating to the regional reality. Through the qualitative-quantitative approach, of the descriptive type. The certifications and labels studied here aim at the energy efficiency of buildings, as they promote sustainable development directly or indirectly to their residents and the people who use them, as they provide thermal-acoustic, visual comfort, financial savings, among others, through methods used by certifiers. It was found that the Southeast Region, mainly the State of São Paulo, has more certifications issued in both LEED and PBE Edifica.

**KEYWORDS:** PBE Builds. LEED. Certification. Residential Buildings. Energy efficiency.

## 5.1 Introdução

O Brasil possui uma longa trajetória na implantação de mecanismos para alcançar a eficiência energética, desde a criação do Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE) em 1985, após isso surgiram outras ações, podendo destacar o Programa Nacional de Racionalização do Uso de Derivados do Petróleo e do Gás Natural(CONPET), Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica(PROCEL) em 2003, Lei de Eficiência Energética nº 10.295/01 (BRASIL, 2001) e com a Lei nº 9.991 de 2000, “dispõe sobre realização de investimentos em pesquisa e desenvolvimento e em eficiência energética por parte das empresas concessionárias, permissionárias e autorizadas do setor de energia elétrica, e dá outras providências” (BRASIL, 2000, p.01).

Eficiência energética é um termo amplo de diversos conceitos, mas em suma é uma atividade que pretende melhorar o uso das fontes de energia, obtida por meio da relação entre a energia efetivamente consumida e a demandada (GROUCHER, 2011). Para o Ministério de Minas e Energia (BRASIL, 2007), a eficiência energética consiste em preservar o meio ambiente e na redução de energia consumida, sem a perda na qualidade, substituição de fontes não renováveis por renováveis, alinhados a inovação/tecnologia.

A eficiência energética é também, um instrumento utilizado nas edificações, com a finalidade de racionalizar o seu consumo, evitando desperdícios, sem haver prejuízos nos serviços necessários para a segurança, saúde, conforto e produtividade dos usuários da edificação. Além disso, as construções possuem significativa parcela no consumo global de energia, devido as suas trocas térmicas entre os ambientes internos e externos, mais as cargas dos seus equipamentos usuais (CARLO, 2008).

Zúñiga *et al.* (2018) relataram os benefícios e aplicações da eficiência energética na América latina, devido ao aumento contínuo no consumo de energia, geração de energia por vias não renováveis e com a finalidade de ampliar a conscientização sobre o uso e prática de fontes renováveis, com isso chegaram à conclusão de que os países continuam estabelecendo leis, regulamentações e estratégias visando a melhoria da linha ambiental e econômica.

Entre as medidas que podem ser utilizadas, tem-se o desenvolvimento de projetos ou *retrofits* nas edificações, podendo ser aplicadas na fase de projeto (edificação não construída), como em ambientes já construídos, buscando melhor o aproveitamento do ambiente, observando o local que será implantado, adotando medidas que visem a sua eficiência, na utilização de todos os equipamentos elétricos, por meio de estudos de carta solar, ventilação, iluminação natural, especificação de materiais e seu entorno (PAULSE, 2016).

Em virtude de o setor da construção civil ter um expressivo impacto na geração de empregos, desenvolvimento econômico e social, ele também é um agente ativo dos recursos naturais, poluição e geração de resíduos é importante a aplicação e estudos voltados para torná-lo eficiente e minimizar os seus danos ao meio ambiente (CONTO; OLIVEIRA; RUPPENTHAL, 2017).

Desde 2003, no Brasil existe o Programa Nacional de Eficiência Energética em Edificações-PROCEL EDIFICA por meio da coordenação da ELETROBRAS/PROCEL e em parcerias com o Ministério de Minas e Energia, o Ministério das Cidades, universidades, centros de pesquisa, entidades das áreas governamentais, econômica, desenvolvimento, tecnológica, além do setor da construção civil. Foi instituído o PROCEL EDIFICA, devido a representatividade do consumo de energia elétrica nas edificações, pois de acordo com o PROCEL INFO (2021), esse consumo corresponde “cerca de 45% do consumo faturado no país. Estima-se um potencial de redução deste consumo em 50% para novas edificações e de 30% para aquelas que promoverem reformas que contemplem os conceitos de eficiência energética em edificações”.

Aliados a isso e com a intenção de se manter a par das mudanças no mercado imobiliário e melhorar o seu desempenho, o setor começou a apoiar a indústria da construção civil mais sustentável, os *Green Building*. Diversos países desenvolveram e aplicam programas de certificações ou etiquetas em suas edificações, tanto na fase de implantação, quanto de *retrofit*, apoiando o movimento dos edifícios verdes para incentivar e demonstrar a importância das iniciativas sustentáveis neles. Dentre eles podemos citar os mais usuais no Brasil: LEED, AQUA, Selo Casa Azul e PBE Edifica (NEWELL *et al.*, 2014).

Aos poucos a sociedade também cobra por mudanças e adaptações voltados para a sustentabilidade e eficiência energética nas edificações. Construções que gerem menos impacto ao meio ambiente, racionalização dos seus custos e recursos, para o consumidor isso está na operação com menos custos, na possibilidade de usufruir de ambientes com mais qualidade. Para o mercado, demonstra algo a mais a ser oferecido as pessoas, pois as certificações são um diferencial que o empreendimento possui, devido ter um projeto que está em conformidade com as práticas de sustentabilidade (ABRAINCO, 2019).

O setor da construção civil com o objetivo de proteger o ambiente construído e seu entorno, viu nas certificações ambientais um instrumento para alcançar essa meta. No ano de 2020 no ranking mundial, o Brasil ficou em quarto lugar na certificação LEED, que é aplicada em sua maioria em construções de alto padrão. Esses projetos seguem alguns requisitos a serem analisados como: uso eficiente dos recursos naturais, reduzir os custos de operação e

construção, alta performance da edificação, mitigação dos danos do prédio e entorno (OLIVEIRA; RUPPENTHAL; VERGARA, 2020).

A certificação LEED é uma avaliação composta por um conjunto de normas voltado para cada tipo de construção, podendo ser para novas construções, design de interiores, edifícios existentes ou bairros, é voluntária, e seu valor irá depender da área que será certificada. A sua verificação se faz por meio de terceiros, empresas credenciadas, que analisam o desempenho da edificação relacionado a alguns critérios como: eficiência energética e hídrica, qualidade ambiental, materiais, regionalismo, inovação, localização e transporte, processo integrado e terrenos sustentáveis (FUERST; GRABIELI; MCALLISTER, 2017).

Por meio da Lei Federal de Eficiência, nº 10.295/01 (BRASIL, 2001), o tema eficiência energética ganhou mais destaque em distintos setores e também na construção civil, com isso em 2009 o Programa Brasileiro de Etiquetagem-PBE, lançou o PBE Edifica, que tinha como objetivo etiquetar projetos e edificações já construídas, tinham previsão para redução no consumo de energia e utilizavam fontes renováveis. Este modelo é voluntário, aplicado em edificações comerciais, de serviços e públicos e em unidades habitacionais autônomas, multifamiliares ou de uso comum (ELETROBRÁS, 2013).

Mediante o aumento do consumo da energia elétrica e com a finalidade de obter estratégias e ações para melhorar a eficiência energética no país, se torna cada dia mais relevante estudos com essa temática (VERUCCHI; RUSCHETTI; BENGER, 2015).

Neste trabalho, tem-se como objetivo identificar a localização das edificações residenciais que já possuem a certificação LEED ou PBE Edifica, no Brasil, relacionando com a realidade regional.

Para isso foi desenvolvido estudo por meio de abordagem quali-quantitativa, do tipo descritiva. Por meio de pesquisa documental, buscou-se dados quantitativos sobre as certificações LEED e PBE Edifica nas residências brasileiras, em que já foram aplicadas, enfocando o período de 1999 a 2020.

Os dados foram coletados em sites oficiais, como INMETRO, PBE Edifica, PROCEL, GBCBrasil, USGB, entre outros. Listados e enumerados, por meio do Programa Microsoft Office: EXCEL, colocando informações sobre elas, como: ano, tipo de certificação, mapeando a sua representatividade e identificando as regiões que mais se destacam, no Brasil.

## **5.2 A certificação LEED**

Na proporção que a construção civil ascendeu, aos poucos foram surgindo estudos e debates vinculados aos danos ambientais e sua relação com o setor. Por isso tem sido objeto de

citações em distintos eventos mundiais. Uma das maneiras que se encontrou de validar que determinada edificação é sustentável, foi por meio das certificações. Em países desenvolvidos as certificações são referências de práticas sustentáveis e criação de outras certificações em todo o mundo (FORTUNATO, 2014).

Quadros *et al.* (2013) afirmaram que, com base nos critérios da certificação LEED, esse método propõe alcançar diferentes níveis de sustentabilidade em distintas áreas. Na área ambiental houve melhoria no desempenho energético, na área social, houve acessibilidade e integração do externo/interno, e na área econômica, por meio de uso de técnicas de pré-moldados e materiais próprios da região, proporcionando agilidade e barateando a obra. Embora, os custos durante a execução sejam mais elevados, ocorrerão benefícios a longo prazo, que serão pagos com o passar do tempo, gerando economia com o decorrer do uso da edificação.

De acordo com Oliveira e Ruppenthal (2020), verificou-se que a certificação LEED e o impacto nas edificações, está intrinsecamente ligada à sua performance, conseguindo gerar uma redução de até 30% na energia, 50% no consumo de água, 80% na geração de resíduos sólidos e 35% na redução das emissões dos gases, tudo isso depende do nível de classificação do LEED que a edificação recebeu.

No último estudo publicado em 2018, pela *United States Green Building Council* (USGBC), foi apresentado um ranking dos dez países e regiões, fora dos EUA, com maior índice de áreas certificadas LEED (Tabela 5.1).

**Tabela 5.1:** Ranking dos dez países com maior área certificada LEED, em 2017

Ranking	País/Região	População	Área (km <sup>2</sup> )	Número de Projetos	Metros Quadrados Brutos*
1	China	1.386.000.000	9.597.000	1.494	68.83
2	Canadá	36.550.000	9.985.000	3.254	46.81
3	Índia	1.339.000.000	3.287.000	899	24.81
4	Brasil	207.800.000	8.516.000	531	16.74
5	Coreia do Sul	51.360.000	100.210	143	12.15
6	Turquia	82.120.000	783.562	337	10.90
7	Alemanha	82.660.000	357.022	327	8.47
8	México	124.800.000	1.973.000	370	8.41
9	Taiwan	23.571.000	36.197	144	7.30
10	Espanha	46.590.000	505.990	299	5.81
**	<i>Estados Unidos</i>	325.100.000	9.833.517	33.632	441.60

Fonte: GBC Brasil (2018)

O Brasil, único país da América Latina a figurar neste ranking, ocupa a quarta posição, com 531 projetos certificados em distintas áreas, como bairros, casas, condomínios, interiores, comércio, entre outros. Os Estados Unidos aparecem na tabela, apenas para nível de informação, não tendo sido contabilizado no ranking, mas é considerado o país com maior área

certificada, no mercado para o LEED, devido existir, no país, diversos incentivos públicos do governo, voltados para edificações sustentáveis (GBC Brasil, 2018).

A China desde 2009 é o país asiático que mais consome energia elétrica e o maior emissor do CO<sup>2</sup>, pois a sua geração de energia é pelos combustíveis fósseis, petróleo, gás natural e carvão. Por isso eles em 2020 a China adotou algumas medidas para mudar esse cenário, como por exemplo ter se comprometido até 2060 se tornar neutro em carbono, mudar a sua geração de energia para produção renovável e desativar, aos poucos, o uso de combustíveis fósseis para geração de energia (BRICS, 2021).

A demanda de energia elétrica pelo ser humano tem aumentado a cada ano, pois antes essa demanda era utilizada apenas para comida e atividades simples do dia a dia, atualmente o uso da energia se tornou uma dependência para as pessoas, cada vez mais necessária e primordiais para atividades como iluminação artificial, comida, transporte, lazer, comunicação, entre outros (LETCHER; WILLIAMSON, 2004).

Com base nos dados da Tabela 5.1, foi realizado uma correlação entre o número de projetos com os habitantes de cada país listado no ranking e multiplicado por um milhão, para se obter a quantidade de projetos por milhão existente nesses países. Após esses cálculos, verificou-se que o Canadá se destaca entre os demais, com 89,02 projetos por milhão de habitantes (Tabela 5.2), devido possuir uma grande quantidade de projetos em relação a sua população. E em último lugar ficou a Índia, pois possuía apenas 899 projetos certificados pelo LEED em seu país, contando com uma população superior a 1 bilhão de pessoas.

**Tabela 5.2:** Projetos certificados por milhão de habitantes

Ranking	País/Região	Projetos por milhão de habitantes
1	Canadá	89,02
2	Espanha	6,41
3	Taiwan	6,10
4	Turquia	4,10
5	Alemanha	3,95
6	México	2,96
7	Coreia do Sul	2,78
8	Brasil	2,55
9	China	1,07
10	Índia	0,67
**	<i>Estados Unidos</i>	<i>103,45</i>

Fonte: GBC Brasil (2018)

O Brasil, no ano de 2017, tinha uma população estimada de 207.800.000 (IBGE, 2018), apresentando 8.516.000 km<sup>2</sup> de área, mais de 16 vezes de área da Espanha, tem 16.74 m<sup>2</sup> brutos (área privada) de LEED, a Espanha que tem apenas 505.990 km<sup>2</sup> de área, tem 5.81 m<sup>2</sup> brutos de LEED, quase 1/3, relativamente a Espanha teria mais área de projetos certificados com o

LEED. São classificados países e regiões de acordo com os metros quadrados brutos certificados pelo LEED, por isso pode acontecer de países como o México e a Espanha possuírem uma quantidade maior de projetos com o LEED, mas devido sua metragem ser menor, acarretando classificações mais baixas.

Estudo realizado por Schreiber *et al.* (2020, p.104), com a finalidade de analisar soluções arquitetônicas sustentáveis em prédios corporativos já existentes na cidade de São Leopoldo no Rio Grande do Sul, por meio do *retrofit* e a luz da certificação LEED, verificou que com estratégias construtivas “é possível qualificar o ambiente interno para oferecer bem-estar aos usuários, gerando economia, aliando estética e funcionalidade”.

Embora a atuação da certificação LEED tenha se iniciado no Brasil, em 2007, já em 2004 possuía um empreendimento institucional certificado, o Centro de Pesquisas da Petrobrás, na cidade do Rio de Janeiro. Ela pode ser aplicada em todos os tipos de construções em suas distintas fases, como novas construções, reformas simples, empreendimentos que já estão sendo utilizados e apenas na envoltória (GBC Brasil, 2017).

No Brasil, até abril de 2022, existem 1.742 registros de empreendimentos, sendo 837 empreendimentos já certificados em seus diversos tipos de certificações informações (GBC Brasil, 2022). Os critérios avaliados pelo LEED são seis e neles existem subcritérios, sendo eles: espaço sustentável, eficiência do uso da água, energia e atmosfera, materiais e recursos, qualidade ambiental interna, inovação e processos, e créditos regionais. Existe dois tipos de análises, as aceleradas de 10 a 12 dias úteis e a normal que levam em torno de 20 a 25 dias úteis, qualquer um das duas só são realizadas após o confirmado o pagamento (GBC Brasil, 2021).

Em estudo de caso realizado para um supermercado da rede Pão de Açúcar, Stefanuto e Henkes (2013) possuíam o objetivo de conseguir a certificação LEED. Além das questões ambientais, foi pensado valores socioambientais para agregar ao supermercado, propondo-se as seguintes adequações: aproveitamento de água da chuva para fins não potáveis, que com a captação do telhado de 1.280m<sup>2</sup>, poderia suprir toda a sua demanda ao longo do ano. Também, foi considerada a implantação de sistema solar que, com isso, eles conseguirão reduzir 20% da sua conta de luz, pois suprirá toda a iluminação do supermercado. Para chegar a 100% seriam necessárias 3 mil placas solares, mas não haveria espaço para esse número. Sua conta está dividida em 20% para iluminação, 30% para refrigeradores (geladeiras e freezers), 10% de força e 40% para climatização.

A certificação LEED classifica seus empreendimentos em dois tipos: registradas e certificadas, as registradas são aquelas que deram entrada no processo de certificação e até o

momento ainda não foram certificadas, enquanto as certificadas são aquelas que já passaram por todo o processo e atualmente possuem a certificação. Até 2020, foram registrados 71 empreendimentos residenciais com o pedido para certificação no Brasil. Destes apenas 23 já passaram pelo processo e hoje possuem a certificação, como pode ser verificado na Tabela 5.3.

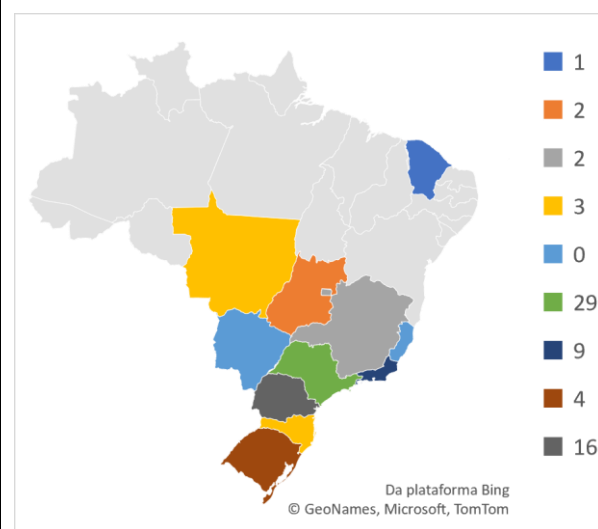
**Tabela 5.3:** Empreendimentos Residenciais registrados e certificados no Brasil-LEED, por região

REGIÃO	ESTADO	REGISTRADA	CERTIFICADA
NORTE	--	0	0
NORDESTE	Ceará	1	0
CENTRO-OESTE	Goiás	2	1
	Distrito Federal	2	0
	Mato Grosso	3	0
	Mato Grosso do Sul	0	1
SUDESTE	São Paulo	29	11
	Rio de Janeiro	9	0
	Espírito Santo	0	0
	Minas Gerais	2	0
SUL	Rio Grande do Sul	4	1
	Santa Catarina	3	2
	Paraná	16	7
<b>TOTAL</b>		<b>71</b>	<b>23</b>

Fonte: GBC Brasil (2020)

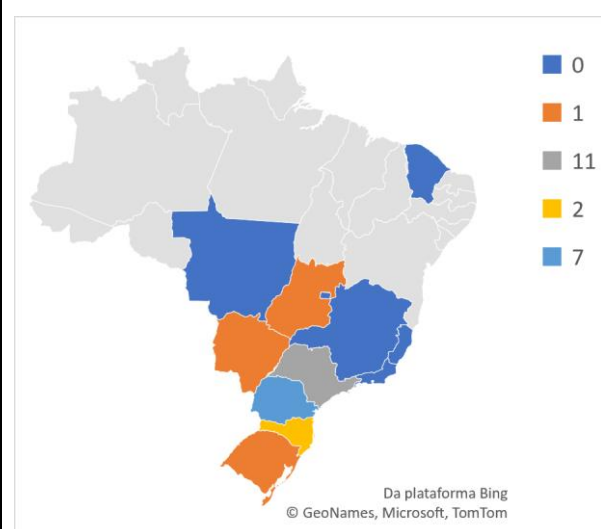
Para melhor visualização, estes dados estão localizados, no mapa do Brasil, com a quantidade por Estado, tendo na Figura 5.1, os empreendimentos registrados, enquanto na Figura 5.2, são apresentados os empreendimentos certificados.

**Figura 5.1** Empreendimentos Residenciais registrados no Brasil-LEED, por estado



Fonte: GBC Brasil (2020)

**Figura 5.2** Empreendimentos Residenciais certificados no Brasil-LEED, por estado



Fonte: GBC Brasil (2020)



Constata-se que, as edificações com certificação estão concentradas na região Sul e Sudeste, não possuindo, ainda, residências certificadas na região Norte e nem na região Nordeste.

É possível observar que, considerando o ano de 2020, as edificações com certificação estão concentradas na região Sul e Sudeste, que são as regiões mais desenvolvidas do país, enquanto nas regiões Norte e Nordeste não possuem, ainda, residências certificadas, tendo apenas um empreendimento residencial registrado no Ceará.

Ao se fazer a relação do Produto Interno Bruto (PIB) de cada estado, do PIB Industrial, e a porcentagem da construção civil sobre o PIB Industrial de cada região/estado que possui certificação LEED, verifica-se que o estado com mais certificações, São Paulo também, é o tem o maior PIB, apresentando R\$ 2 trilhões de PIB e com PIB industrial de R\$ 400,9 bilhões. Entre os principais setores do estado, a construção civil representa 16,7% do PIB Industrial, ficando em primeiro lugar no ranking. Nesses estados mencionados na Tabela 5.4, apenas no estado do Mato Grosso do Sul, a construção civil não está em primeiro lugar no ranking dos setores do estado, ficando em segundo lugar, com 20,6%, atrás dos Serviços Industriais de Utilidade pública, com 26,1% e do Mato Grosso com 26,6% para construção civil em segundo lugar e em primeiro com 27,7% alimentos. No geral o setor da construção civil representa 18,3% do PIB Industrial (CNI, 2020)

**Tabela 5.4: PIB x PIB Industrial por estado 2019**

<b>REGIÃO</b>	<b>ESTADO</b>	<b>PIB</b>	<b>PIB Industrial</b>	<b>% Construção civil no PIB Industrial</b>
<b>NORDESTE</b>	Ceará	R\$143,1 bilhões	R\$ 24,4 bilhões	24,8%
	Goiás	R\$ 185,2 bilhões	R\$ 39,2 bilhões	25,4%
<b>CENTRO-OESTE</b>	Distrito Federal	R\$ 242,9 bilhões	R\$ 9,5 bilhões	51,8%
	Mato Grosso	R\$126,6 bilhões	R\$20,6 bilhões	26,6%
	Mato Grosso do Sul	R\$ 95,1 bilhões	R\$ 20,5 bilhões	20,6%
	São Paulo	R\$ 2 trilhões	R\$ 400,9 bilhões	16,7%
<b>SUDESTE</b>	Rio de Janeiro	R\$661,1 bilhões	R\$ 165,8 bilhões	13,2%
	Espírito Santo	R\$114,8 bilhões	R\$ 30,5 bilhões	17,1%
	Minas Gerais	R\$ 571,5 bilhões	R\$ 154,8 bilhões	17,8%
	Rio Grande do Sul	R\$ 420,1 bilhões	R\$ 94,6 bilhões	18,3%
<b>SUL</b>	Santa Catarina	R\$ 267,9 bilhões	R\$ 71,2 bilhões	17,1%
	Paraná	R\$405,6 bilhões	R\$ 105,8 bilhões	16,2%

Fonte: CNI (2020)

O consumo mensal de energia elétrica por classe (Tabela 5.5), mostra a Região Sudeste como a que mais consome energia, com 6.140.818 MWh e com 34.560.907 unidades

residenciais consumidoras, sendo que em janeiro de 2022 houve um consumo de 5.997.246 MWh e 34.175.035 unidades residenciais consumidoras (EPE, 2022).

**Tabela 5.5:** Consumo de energia elétrica residencial por região, em fevereiro de 2022

<b>REGIÃO</b>	<b>Consumo de energia elétrica residencial (MWh)</b>	<b>Número de consumidores residenciais</b>
NORTE	831.197	4.855.842
NORDESTE	2.575.408	20.903.984
CENTRO-OESTE	1.129.206	5.986.126
SUDESTE	6.140.818	34.560.907
SUL	2.345.561	10.914.234

Fonte: EPE (2022)

De acordo com Conto, Oliveira e Ruppenthal (2017), o surgimento de novas técnicas e certificações ambientais para a construção civil, vem beneficiando, aos poucos, o ambiente construído e o modificando por meio de medidas em virtude de construções sustentáveis. Porém, ainda há alguns pensamentos mais conservadores que, por falta de uma análise ou conhecimento mais aprofundado sobre os custos e benefícios da implementação das certificações, não aderiram.

Na certificação LEED, a maior parte se encontra no estado de São Paulo, não possuindo nenhum empreendimento residencial certificado na Região Norte e Nordeste, apenas uma residência registrada no Ceará (Região Nordeste), mas que ainda não foi certificada.

### **5.3 O Programa PBE Edifica**

Em 1984, por meio do INMETRO, iniciou discussões sobre questões de eficiência energética e no mesmo ano lançou o Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE), voltado para produtos consumidores de energia elétrica. A partir do Decreto nº4059/2001 e a Lei nº10.295/2001 (BRASIL, 2001), foram desenvolvidos: Grupo Técnico para edificações (GT-Edificações), Secretaria Técnica de Edificações (ST-Edificações) e o Programa Brasileiro de Etiquetagem em Edificações (PBE Edifica), com as suas normas e regulamentos. No PBE Edifica as etiquetas podem ser solicitadas para edificações comerciais, de serviços, instituições públicas, e residenciais. Em relação à classe residencial, pode ser subdividida em habitações autônomas (casas ou apartamentos), edificações multifamiliares e áreas de uso comum (PBE EDIFICA, 2020).

Como a construção civil causa grandes impactos ao meio ambiente, os programas de certificações surgiram para impulsionar o ramo das construções sustentáveis. Certificações essas que se tornaram um atrativo na comercialização dessas edificações. Existe distintos

benefícios para a edificação certificada, como economia de energia/água, uso de materiais locais, porém para isso é necessário seguir vários critérios obrigatórios que variam de acordo com cada certificadora (CAMPANA *et al.*, 2022).

Desde 2009 até 2020, foram avaliadas mais de 240 edificações. Para a área de comerciais, de serviços e públicas, foram 174 avaliadas e 257 etiquetas, distribuídas em 159 de projetos e 98 de edificação construída. Nas edificações residenciais foram emitidas 5.076 etiquetas, distribuídas de duas formas: fase de projeto, 16 para áreas de uso comum, 41 multifamiliar e 2.665 unidades habitacionais. Para edificações construídas: 5 uso comum, 17 multifamiliar e 2.320 unidades habitacionais (PBE EDIFICA, 2020). Em edificações residenciais multifamiliares, que são compostas por apartamentos ou casas de condomínios, até 2020, foram emitidas 63 etiquetas, sendo 44, em fase de projeto e 19 em edificação construída (inspeção).

Na Tabela 5.6 apresenta-se a quantidade de certificações PBE Edifica aprovadas ou concedidas para residências multifamiliares, localizadas por estados, na fase de projeto ou inspeção (edificação construída), até 2020.

**Tabela 5.6:** Certificações PBE Edifica para Edificações Residenciais Multifamiliares, até 2020

<b>ESTADO</b>	<b>PROJETO</b>	<b>INSPEÇÃO</b>	<b>TOTAL</b>
Rio Grande do Sul	9	1	10
Santa Catarina	6	2	8
São Paulo	19	16	35
Minas Gerais	2	0	2
Paraná	4	0	4
Rio de Janeiro	1	0	1
Rio Grande do Norte	1	0	1
Ceará	2	0	2
<b>TOTAL GERAL</b>	44	19	63

Fonte: INMETRO (2020)

Na certificação PBE Edifica, o empreendimento pode ser certificado em projeto e/ou projeto edificado, sendo que todo empreendimento certificado em fase de projeto, posteriormente será analisado em fase de edificação construída. Até novembro de 2020, 57 empreendimentos multifamiliares entraram com o processo/pedido, pois um mesmo empreendimento pode ter mais de uma ENCE (projeto e construção), ou seja, 57 empreendimentos poderiam ter até 114 ENCEs, porém apenas 63 foram certificadas em fase de projeto e/ou edificação construída, nos seguintes estados: Rio Grande do Sul, Santa Catarina, São Paulo, Minas Gerais, Paraná, Rio de Janeiro, Rio Grande do Norte e Ceará, como consta na Tabela 5.7. Além de 13 empreendimentos residenciais, ainda, estão com a Etiqueta Nacional

de Conservação de Energia (ENCE) de edificação construída pendente, pois na ENCE irá aparecer todos os sistemas e quantitativos da avaliação, envoltória, iluminação e condicionamento de ar (INMETRO, 2020).

Nas Edificações Residenciais para Unidade habitacional autônoma, foram etiquetados 5.013 empreendimentos até novembro de 2020. Estão distribuídos em 2.674 na fase de projeto e 2.339 na fase de edificação construída (inspeção), como consta na Tabela 5.7 Ainda, se tem 150 empreendimentos pendentes, aguardando avaliação.

**Tabela 5.7:** Certificações PBE Edifica para Edificações Residenciais para Unidade de Habitação Autônoma, até 2020

<b>ESTADO</b>	<b>PROJETO</b>	<b>INSPEÇÃO</b>	<b>TOTAL</b>
Piauí	1	0	1
Ceará	92	0	92
Rio Grande do Norte	37	0	37
São Paulo	2041	2257	4298
Minas Gerais	68	0	68
Espírito Santo	1	0	1
Rio de Janeiro	52	2	54
Paraná	81	0	81
Santa Catarina	115	29	144
Rio Grande do Sul	183	50	233
Pará	1	1	2
Mato Grosso	2	0	2

Fonte: INMETRO (2020)

Referente a PBE Edifica, São Paulo, também, é o estado com mais etiquetas recebidas, tanto para edificações multifamiliares, quanto para unidades habitacionais autônomas. Não foram encontradas edificações multifamiliares etiquetadas nas regiões Norte e Centro-Oeste. Para as Unidades Habitacionais Autônomas, todas as regiões são contempladas, somente alguns estados não possuem nenhuma etiqueta emitida pela PBE Edifica como: Acre, Amazonas, Rondônia, Roraima, Amapá, Distrito Federal, Tocantins, Mato Grosso, Maranhão, Sergipe, Alagoas, Bahia, Paraíba e Pernambuco.

Devido à ausência de ações práticas demonstrando o real sentido e valor a curto, médio e longo prazo que uma edificação pode ter após a aplicabilidade de práticas de estratégias de sustentabilidade ou até ser submetida por um programa de certificação sustentável, acarreta o pensamento que as certificações apenas servem como uma estratégia de marketing, objetivando a sua comercialização e destaque entre os outros. Além disso, tem o fator social por meio de empregos e utilização de produtos locais, e do fator ambiental, com a adoção de estratégias

construtivas sustentáveis pensadas na sua implantação, funcionalidade, materiais, vento, clima (GOMES *et al.*, 2016).

#### 5.4 Considerações Finais

As certificações e etiquetas estudadas aqui, visam a eficiência energética das edificações, devido promoverem o desenvolvimento sustentável direta ou indiretamente aos seus moradores e as pessoas que a utilizam, pois proporcionam conforto térmico-acústico, visual, economia financeira, entre outros, por meio dos métodos utilizados pelas certificadoras.

Foi observado que a região Norte, Nordeste e Centro Oeste, são as regiões com menos estados com certificações e os que tem, são em pequenas quantidades, em comparação aos demais estados/regiões do país. A Região Norte não possui Empreendimentos Residências registrados e nem certificados pelo LEED. Ao se considerar a quantidade de residências consumidoras de energia e do consumo de energia elétrica nessas habitações de cada região, verifica-se que a Região Norte também é a que possui menos consumo (MWh) e redes consumidoras no setor habitacional. A Região Sudeste, tem um destaque nos dois programas estudados em comparação as demais regiões, e também é a região com mais unidades habitacionais consumidoras e com maior consumo.

Na Região Sudeste, principalmente o Estado de São Paulo possui mais certificações emitidas tanto no LEED, quanto no PBE Edifica. Nesse contexto, em números gerais, existe mais etiquetas PBE Edifica emitidas em residências brasileiras em comparação ao LEED. Um fator relevante que pode ser o motivo de grande destaque nas regiões Sudeste e Sul, seja por essas regiões possuírem os maiores rendimentos mensais da população, ultrapassando a média geral do Brasil.

Portanto, diante do exposto, trabalhos com essa vertente são importantes devido a possibilidade de descrever e mapear os estados que mais possuem certificações e etiquetas, para que se possa ter um panorama do Brasil e verificar quais regiões ou estados elas estão situadas.

#### 5.5 Referências

ABRAIN-Associação Brasileira De Incorporações Imobiliárias. **Comportamento do consumidor de imóveis em 2040**. Deloitte. 2019. Disponível em: <https://www.abrainc.org.br/wp-content/uploads/2019/09/Abrainc-Pesquisa-v10.pdf>. Acesso em: 01 out. 2021.

BRASIL. **Lei nº 9.991, de 24 de julho de 2000**. Dispõe sobre realização de investimentos em pesquisa e desenvolvimento e em eficiência energética por parte das empresas concessionárias, permissionárias e autorizadas do setor de energia elétrica, e dá outras

providências. 2000 Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/19991.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19991.htm). Acesso em: 01 jun. 2021

BRASIL. Ministério de Minas e Energia (MME). **Plano Nacional de Energia 2030**. EPE- Empresa de Pesquisa Energética. Brasília-DF, Brasil. 2007. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/Plano-Nacional-de-Energia-PNE-2030>. Acesso em: 07 mar. 2022

BRICS- Centro de Estudos e Pesquisas BRICS. **Por que a transição energética chinesa importa?** 2021. Disponível em: <https://bricspolicycenter.org/por-que-a-transicao-energetica-chinesa-importa/>. Acesso em: 17 abril 2022

CAMPANA, A. C. M. B.; SILVA, D. S. V. A.; AGUIRRE, J. M. T.; SÍGOLI, L. S. M.; PEREIRA, M. T. A importância do sistema de gestão ambiental para obtenção de selos sustentáveis na construção civil: uma revisão narrativa. **Revista Gestão e Sustentabilidade Ambiental**. v. 11, n. esp, p. 03-17, jan. 2022.

CARLO, J. C. **Desenvolvimento de Metodologia de Avaliação de Eficiência Energética do 416 Envoltório de Edificações Não-residenciais**. 2008. 215p. Tese (Doutorado em engenharia civil - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Florianópolis, 2008.

CONTO, V.; OLIVEIRA, M. L.; RUPPENTHAL, J. E. Certificações ambientais: contribuição à sustentabilidade na construção civil no Brasil. **GEPROS. Gestão da Produção, Operações e Sistemas**, Bauru, v. 12, n. 4, p. 100-127. out./dez., 2017. Disponível em: <https://revista.feb.unesp.br/index.php/gepros/article/view/1749/806>. Acesso em: 07 mar. 2022.

CNI-Confederação Nacional da Indústria. **Perfil da indústria nos estados**. 2020. Disponível em: <https://perfildaindustria.portaldaindustria.com.br/>. Acesso em: 23 abril 2022

ELETROBRÁS. **Introdução ao Programa Brasileiro de Etiquetagem de Edificações**. Eletrobrás/Procel Edifica, Inmetro e CB3E/UFSC. Rio de Janeiro-RJ, set. 2013. Disponível em: <http://www.procel.gov.br/services//DocumentManagement//FileDownload.EZTSvc.asp?DocumentID=%7BCF1A3743-CECB-48EF-B2CA-E2B4D4173337%7D&ServiceInstUID=%7B46764F02-4164-4748-9A41-C8E7309F80E1%7D#:~:text=A%20etiquetagem%20de%20edifica%C3%A7%C3%B5es%20possibilita,crescimento%20do%20consumo%20de%20energia..> Acesso em: 07 mar. 2022

EPE- Empresa de Pesquisa Energética. **Consumo Mensal de Energia Elétrica por Classe (regiões e subsistemas)**. 2022. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/consumo-de-energia-eletrica>. Acesso em: 23 abril 2022

FORTUNATO, R. A. **A Sustentabilidade na Habitação de Interesse Social: Estudos de Caso em Reassentamentos do Programa Minha Casa, Minha Vida no Núcleo Urbano Central da Região Metropolitana de Curitiba – municípios de Curitiba e Fazenda Rio Grande**. 2014. 402 f. Tese (Doutorado em Meio Ambiente e Desenvolvimento) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2014.

FUERST, F.; GABRIELI, T.; MCALLISTER, P. A green winner atm. s curse? Investor behavior in the market for eco-certified Office buildings. **Economic Modelling**, v. 61, n. December 2016, p. 137–146, 2017.

GBCBRASIL. Green Building Council Brasil. **10 anos certificações LEED no Brasil 2017. Anuário Especial**. VIBEDITORA. Ano 4, n.14. 2017. Disponível em: [https://www.arxx.com.br/Downloads/RevistaGBC\\_edicao14.pdf](https://www.arxx.com.br/Downloads/RevistaGBC_edicao14.pdf). Acesso em: 10 jun. 2021.

GBCBRASIL. Green Building Council Brasil. **Brasil ocupa o 4º lugar no ranking mundial de construções sustentáveis certificadas pela ferramenta internacional LEED**. 2018 Disponível em: <https://www.gbcbrasil.org.br/brasil-ocupa-o-4o-lugar-no-ranking-mundial-de-construcoes-sustentaveis-certificadas-pela-ferramenta-internacional-leed/>. Acesso em: 09 jun. 2021.

GBCBRASIL. Green Building Council Brasil. **Construindo um futuro sustentável. Compreenda o LEED**. 2017. Disponível em: <https://www.gbcbrasil.org.br/wp-content/uploads/2017/09/Compreenda-o-LEED-1.pdf>. Acesso em: 21 ago. 2020.

GBC BRASIL. Green Building Council Brasil. **O que você precisa saber para obter a certificação LEED ainda em 2021**. 2021. Disponível em: <https://www.gbcbrasil.org.br/o-que-voce-precisa-saber-para-obter-a-certificacao-leed-ainda-em-2021/>. Acesso em: 22 abril 2022.

GBCBRASIL. Green Building Council Brasil. **Empreendimentos LEED**. 2022. Disponível em: <https://www.gbcbrasil.org.br/certificacao/certificacao-leed/empreendimentos/>. Acesso em: 08 mar. 2022.

GOMES, A. G.; MORAES, S. G.; MARINO, M. T. R. D.; FERNANDES, D. Sistema de Gestão Ambiental (SGA) e aplicabilidade do Selo AQUA: estudos de casos em empresas construtoras de shopping centers. **Revista Tecnologia**, v. 37, n. 1/2, p. 87-110, 2016.

GROUCHER, M. Potential problems and limitations of energy conservation and energy 433 efficiency. **Energy Policy**, v. 39, p. 5795-5799, 2011.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Trabalho e rendimento**. 2019. Disponível em: [https://educa.ibge.gov.br/jovens/conheca-o-brasil/populacao/18314-trabalho-e-rendimento.html#:~:text=Para%20os%20brasileiros%20ocupados%20de,R%241539%20no%20mesmo%20ano.\\_](https://educa.ibge.gov.br/jovens/conheca-o-brasil/populacao/18314-trabalho-e-rendimento.html#:~:text=Para%20os%20brasileiros%20ocupados%20de,R%241539%20no%20mesmo%20ano._) Acesso em: 07 mar. 2022

INMETRO. Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial. **PBE Edifica: tabelas de consumo/eficiência energética**. 2020. Disponível em: <http://www.inmetro.gov.br/consumidor/pbe/edificacoes.asp>. Acesso em: 20 maio 2021.

LETCHER, T. M.; WILLIAMSON, A. **Forms and Measurement of Energy**. 2004.

NEWELL, G.; MACFARLANE, J.; WALKER, R. Assessing energy rating premiums in the performance of green office buildings in Australia. **Journal of Property Investment and Finance** 32(4): 352–370. 2014.

OLIVEIRA, M. L.; RUPPENTHAL, J. E. Certificação LEED: O incremento da inovação no ambiente construído em relação a sustentabilidade. **Iberoamerican Journal of Industrial Engineering**, Florianópolis, SC, Brasil, v.12, n.23, p. 17-31, 2020.

OLIVEIRA, M. L.; RUPPENTHAL, J. E.; VERGARA, L. G. L. Indústria da construção sustentável: uma análise da certificação LEED no mercado brasileiro. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 6, n.5, p.24942-24950, maio .2020. Disponível em: <https://brazilianjournals.com/index.php/BRJD/article/view/9615/8088>. Acesso em: 08 mar. 2022.

PAULSE, P. C. **Análise do desempenho termoenergético de escolas públicas segundo aplicação do RTQ-C para a envoltória**. 2016. 129 f. Dissertação (Mestrado em Projeto e Cidade) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2016.

PBE EDIFICA. **EDIFICAÇÕES ETIQUETADAS**. 2020. Disponível em:<https://pbeedifica.com.br/edificacoes-etiquetadas>. Acesso em: 03 abril 2022.

PBE EDIFICA. **O que é a etiqueta PBE Edifica?** 2018. Disponível em: <http://pbeedifica.com.br/conhecendo-pbeedifica#:~:text=A%20Etiqueta%20C3%A9%20o%20Selo,etiqueta%20pode%20receber%20nomes%20diferentes>. Acesso em: 19 ago., 2020.

PBE EDIFICA. Sobre o PBE Edifica: **PBE-Programa Brasileiro de Etiquetagem**. 2020. Disponível em: <https://pbeedifica.com.br/sobre>. Acesso em: 10 jun. 2021.

QUADROS, J. N.; ANDRADE, B. F.; WEISE, A. D.; SCHIMIDT, A.; LANA, L. D. Arquitetura sustentável: proposta de um edifício com qualidade ambiental baseada nos critérios da certificação LEED. **Revista Eletrônica Sistemas & Gestão** v. 8, n. 4, p. 346-357, 2013.

SCHREIBER, I. F.; VERONA, M. V.; PACHECO, F.; MEDEIROS, D. R.; OLIVEIRA, M. F. Sustentabilidade, Certificação LEED e usuário: estudo em *retrofit* de edifício corporativo. **Mix Sustentável**. Florianópolis, v.6, n.3, p.91-106, jun. 2020.

STEFANUTO, A. P. O.; HENKES, J. A. Critérios para obtenção da certificação LEED: um estudo de caso no supermercado Pão de Açúcar em Indaiatuba/SP. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, Florianópolis, v. 1, n. 2, p.282- 332, 2013.

USBGC- U. S. Green Building Council. **LEED.LEED v4.1 is the next generation standard for green building design, construction, operations and performance**. 2021. Disponível em: [https://www.usgbc.org/leed/v41?creative=340432438239&keyword=building%20certificate&matchtype=b&network=g&device=c&gclid=Cj0KCQjw5PGFBhC2ARIsAIFIMNfUxyeNemhxjGY2KFGzl3wvXT9shaaOjLGECvhrfjQHPyErQFVF-m0aAn\\_nEALw\\_wcB](https://www.usgbc.org/leed/v41?creative=340432438239&keyword=building%20certificate&matchtype=b&network=g&device=c&gclid=Cj0KCQjw5PGFBhC2ARIsAIFIMNfUxyeNemhxjGY2KFGzl3wvXT9shaaOjLGECvhrfjQHPyErQFVF-m0aAn_nEALw_wcB). Acesso em: 01 maio 2021.

VERUCCHI, Carlos; RUSCHETTI, Cristian; BENGER, Fernando. Efficiency Measurements in Induction Motors: comparison of standards.Ieee Latin America Transactions, [S.L.], v. 13, n. 8, p. 2602-2607, ago. 2015. **Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE)**. Disponível em: <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/18296>. Acesso em: 08 mar. 2022.



## 6 ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE AS CERTIFICAÇÕES GBC BRASIL CASA E PBE EDIFICA PARA EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS

### *COMPARATIVE ANALYSIS BETWEEN THE GBC BRAZIL CASA AND PBE RESIDENTIAL EDIFICATIONS CERTIFICATIONS*

#### **RESUMO**

As construções sustentáveis buscam a eficiência nas edificações, por meio de repensar o uso dos recursos, preservar o meio ambiente, aplicar a eficiência energética, evitar a poluição e uma das maneiras de colocar em prática tudo isso e poder comprovar, é por meio dos processos de certificações das construções sustentáveis. Neste trabalho, o objetivo foi de caracterizar os modelos de certificação, destacando o tipo de rotulagem ambiental, além das formas de obtenção, as formas de eficiência energética considerada. Foram estudadas e verificadas as características e a metodologia da certificação GBC Brasil e da etiquetagem PBE Edifica, Foi realizada análise de forma comparativa, por meio de tabelas todos os seus pré-requisitos para a submissão do projeto, como também, foram verificados e discutidos as suas semelhanças e diferenças. Analisando a certificação GBC Brasil e a etiquetagem PBE Edifica, verificou-se que a etiqueta PBE Edifica, por possuir o seu foco apenas na eficiência energética da edificação, por meio do estudo da envoltória, iluminação, condicionamento de ar e aquecimento da água, não analisa em sua etiquetagem a outros aspectos da construção, enquanto a GBC Brasil Casa analisa distintos pontos. Por isso que entre as duas, para quem busca almejar a eficiência energética a PBE Edifica é a mais adequada.

**PALAVRAS-CHAVE:** Certificação sustentável. Residencial. PBE Edifica. GBC Brasil Casa.

#### **ABSTRACT**

Sustainable constructions seek efficiency in buildings, by rethinking the use of resources, preserving the environment, applying energy efficiency, avoiding pollution and one of the ways to put all this into practice and be able to prove it, is through the processes of certifications of sustainable constructions. In this work, the objective was to characterize the certification models, highlighting the type of environmental labeling, in addition to the forms of obtaining, the forms of energy efficiency considered. The characteristics and methodology of the GBC Brasil certification and the PBE Edifica labeling were studied and verified. A comparative analysis was carried out, through tables, all of its prerequisites for the submission of the project, as well as the verification and discussion of the their similarities and differences. Analyzing the GBC Brasil certification and the PBE Edifica label, it was found that the PBE Edifica label, as it focuses only on the energy efficiency of the building, through the study of the envelope, lighting, air conditioning and water heating, does not analyzes other aspects of the construction in its labeling, while GBC Brasil Casa analyzes different points. That's why between the two, for those looking to aim for energy efficiency, PBE Edifica is the most suitable.

**KEYWORDS:** Sustainable certification. Residential. PBE Edifica. GBC Brasil Casa.

#### **6.1 Introdução**

Na década de 1980, surgiu o movimento das construções sustentáveis “*Green Buildings*”, que busca a eficiência nas edificações como meio de preservar o meio ambiente,

evitar a poluição, o uso eficiente da água, energia e materiais. Um instrumento utilizado para comprovar e medir tal eficiência nas edificações, é por meio dos processos de certificações das construções sustentáveis (MEDEIROS *et al.*, 2012). Na mesma década, no Brasil, surgiram os primeiros programas com a intenção de promover a eficiência energética e estimular o uso eficiente da energia elétrica, além de reduzir o consumo dos recursos naturais não renováveis (PEREIRA; WEISS, 2016).

De acordo com o GBC Brasil (2019), como os ambientes construídos geram alto impacto ambiental e, também, no seu entorno, os avanços em estudos que visem mitigar ou minimizar esses danos estão cada vez mais disponíveis para os construtores e usuários. Por isso, ressalta-se a relevância de fomentar, no setor da construção civil, em benefício da sustentabilidade de suas edificações, por meio de práticas construtivas, educação e disseminação de conhecimento.

De acordo com Amiri, Otteline e Sorvari (2019), alguns pontos foram cruciais para que as construções energeticamente eficientes fossem sendo cada vez mais procuradas, como o aumento contínuo nos preços da energia elétrica e pelo fato dos seres humanos estarem mais conscientes sobre as questões ambientais, os edifícios estão sendo projetados para consumirem menos energia e usarem a tecnologia ao seu favor.

Entre as estratégias mais utilizadas para alcançar a eficiência energética nas edificações, poderia ser o uso de elementos construtivos, que evitassem as trocas de calor desnecessárias entre o interno e externo, pois a eficiência energética possui o objetivo de utilizar menos energia para ser efetuado serviços semelhantes (RODRIGUES; FREIRE, 2014).

Nas edificações, por serem um dos principais consumidores de energia elétrica, buscou-se métodos e instrumentos para diminuir os danos causados por seu uso em excesso. Dessa forma, o uso de certificações foi uma das soluções encontradas para limitar o uso de energia nas edificações, além da realização de planos e estabelecer regras para o seu uso. Existem distintos sistemas de certificações com essa preocupação, alguns usados internacionalmente como: British Building Research Establishment Environmental Assessment Method-BREEAM, Leadership in the Energy and Environmental Design-LEED, além deles cada país costuma ter algum sistema de avaliação e leis (DALL`O *et al.*, 2013).

As certificações sustentáveis para construções são comuns em países europeus, no Japão, nos EUA, entre outros países mais desenvolvidos. A certificação atesta a edificação e comprova o seu desempenho por meio dos requisitos aplicados pela certificadora, além de impulsionar a aplicabilidade de métodos sustentáveis nas construções, acarretando benefícios

como a redução do consumo dos materiais, evitando perdas e melhorias na gestão da obra (COSTA; MORAES, 2013).

Destaca-se que na construção civil existe um leque diversificado de normas e certificações sustentáveis, atestando edificações de diversas categorias, evitando que ocorra o “*greenwashing*”, falsa propaganda. Entre as certificações utilizadas no Brasil, tem-se: Selo Casa Azul, Selo Procel, Etiqueta PBE Edifica, Certificação Aqua, Certificação LEED, GBC Condomínio, GBC Casa, GBC Zero Energy, entre outros. Todas elas atestam que a edificação cumpriu requisitos pré-estabelecidos pela certificadora e por isso promove o uso racional de seus serviços e técnicas construtivas, ou seja, edificação sustentável comprovada (GBC, 2019).

A certificação GBC Brasil Casa, desenvolvida pelo *Green Building Council Brasil*, é uma ramificação da Certificação LEED voltada, apenas, para residenciais unifamiliares brasileiras, criada e desenvolvida para o Brasil. Em 2012, o GBC Brasil lançou o Programa Casas Sustentáveis, com a intenção de estudar e avaliar distintos quesitos de sustentabilidade em projetos residenciais. Nele foram estabelecidos critérios e parâmetros que, em 2016, originou a Certificação GBC Brasil Casa, estudada nessa pesquisa, e a Certificação GBC Brasil Condomínio (GBC, 2019).

Após a crise mundial do petróleo, em 1980, e a necessidade do mundo precisar diminuir o seu consumo de energia, no Brasil, foi instituído o Inmetro, em 1984 com a finalidade de criar programas de avaliação de eficiência energética. Nesse contexto surgiu o Programa Brasileiro de Etiquetagem-PBE e outro voltado para edificações, o PBE Edifica, voltado para etiquetar edificações residenciais, comerciais e de serviço. Os regulamentos estabelecidos para analisá-los, influencia diretamente o modo de projetar, devido serem feitos cálculos e estudos para cada edificação, verificando sua localização, tipologia e uso (GALAFASSI; PEREIRA, 2013).

De acordo com DOGGE (2021), a “*World Green Building Trends 2021*” (Tendências Mundiais de Edifícios Verdes 2021), classificam por meio de porcentagem as cinco razões sociais para se construir edificações verdes: promove ao ocupante saúde e bem-estar (80%), incentiva a sustentabilidade (76%), aumenta a produtividade no trabalho (59%), apoia a economia local (58%) e cria um senso de comunidade (57%). Na pesquisa “*World Green Building Trends 2021*” foi recebido respostas de 15 países da América Latina, entre eles o Brasil, que de acordo com a pesquisa haverá um crescimento expressivo nos próximos três anos em construções sustentáveis no país, pois em 2021 possui apenas 6% de seus projetos verdes e em 2024 há uma previsão de 39%.

Neste estudo, tem-se como objetivo, caracterizar os modelos de certificação, destacando o tipo de rotulagem ambiental, além das formas de obtenção, as formas de eficiência energética considerada.

## **6.2 Metodologia**

Trata-se de estudo de abordagem qualitativa, do tipo descritivo. Foi realizada pesquisa bibliográfica e documental, abordando a relevância de programas de eficiência energética, utilizados em edificações residenciais brasileiras, por meio de sites oficiais, periódicos, livros, normas e legislações pertinentes ao assunto, que subsidiará as reflexões e discussões.

Para análise, foram utilizados os seguintes critérios de avaliação: modelo, órgão certificador, lançamento, método, categorias, níveis, fases da avaliação, custos, documentação necessária, processo de certificação, a localização da edificação, forma de expressão dos resultados, tipologias dos empreendimentos, benefícios, adesão (voluntária ou não). As informações foram sistematizadas em tabela, para comparação, verificando-se os itens existentes nos dois programas, realizando-se análise e discussão.

## **6.3 Resultados e discussão**

Devido a busca dos países pelo desenvolvimento sustentável no setor da construção civil, cada vez mais estão sendo criados sistemas de certificações ambientais voltado para edificações de distintas tipologias, focando nas suas legislações locais, normas e métodos de análise de acordo com as prioridades de cada país (SILVA, 2013). No Brasil, em 2007, foi criado o Conselho Brasileiro de Construção Sustentável (CBCS), com a finalidade de disseminar práticas e ações nesse setor, com isso o movimento das certificações ambientais ganhou força (MATOS, 2014).

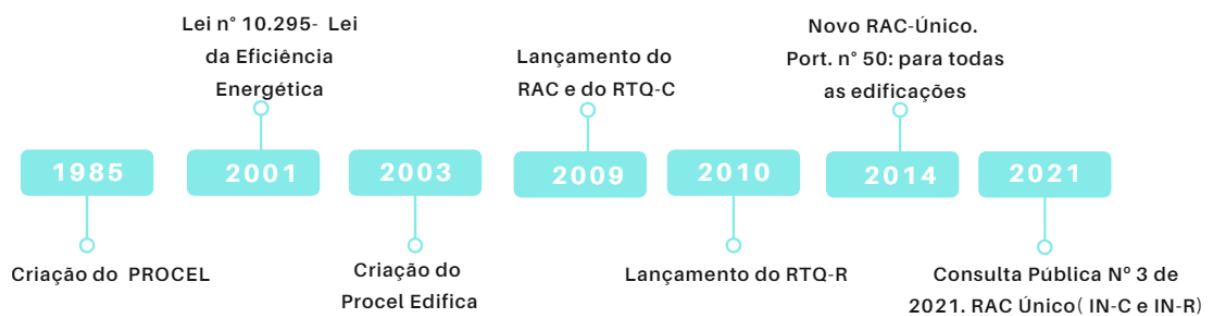
Entre esses programas de certificações/etiquetagem para as edificações, tem-se o GBC Brasil Casa, que surgiu devido o GBC Brasil lançar o Programa Casas Sustentáveis em 2012. E em 2017, por meio de comitês técnicos, grupos de discussão e elaboração dos critérios, lançou a Certificação GBC Brasil Casa, com a finalidade de definir “critérios de certificação aplicáveis para as diversas situações e particularidades encontradas no território brasileiro”, aplicada em residências unifamiliares (GBC Brasil, 2019, p.03).

De acordo com Vasconcelos (2015), a arquitetura sustentável apesar de ser uma forma de segregação entre os projetos arquitetônicos, ela impõe que uma edificação cumpra requisitos estabelecidos por um programa de certificação ou norma e que comprove a sustentabilidade desse prédio. Para isso é necessário que haja uma equipe multidisciplinar para resolver os

distintos problemas ambientais e científicos que possam aparecer e com isso contribuir para que o projeto seja exequível respeitando a sua função, particularidades, implantação e técnicas construtivas.

O Procel, criado em 1985, é um programa que desenvolve ações e projetos para conservação e racionalização do uso de energia. Como mostra a Figura 5.1, em 2001 por meio da Lei Federal de Eficiência Energética e em 2003 com o Procel Edifica, sendo um subprograma do Procel, objetivando a implementação desta lei e a aplicação da eficiência energética em edificações. Em 2009 e 2010, foram criados os Requisitos Técnicos da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C), o Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais (RTQ-R), Requisitos de Avaliação da Conformidade do Nível de Eficiência Energética de Edificações (RAC) e seus manuais (PBE EDIFICA, 2018).

**Figura 6.1:** Cronologia da Etiqueta PBE Edifica



Fonte: PBE Edifica (2018), INMETRO (2021).

O PBE Edifica, é um subprograma do Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE), coordenado pela Eletrobrás, por meio do Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL) e a Petrobrás, mediante o Programa Nacional de Racionalização do Uso de Derivados do Petróleo e do Gás Natural (CONPET).

Martinez *et al.* (2009) verificou que, entre os requisitos responsáveis pelo consumo energético das edificações, as técnicas construtivas e os materiais utilizados são os principais pontos, que devem ser levados em consideração no planejamento estratégico dos projetos arquitetônicos, que buscam o uso racional e a eficiência energética nas construções. Destaca-se que, por meio de materiais construtivos e estudos, é possível a melhor atualização do uso da iluminação e vento natural, minimizando os gastos energéticos nos sistemas de climatização ou aquecimento.

As construções sustentáveis trazem benefícios as construções, podendo ser classificados em três tipos: operacional, devido garantir economia dos custos da obra ao seu real funcionamento; econômico, tornam os empreendimentos mais chamativos, por causa da sua redução de custos no dia a dia e com isso carrega consigo um valor agregado, aumentando o seu valor de mercado; e por fim as estratégias, por ser um projeto sustentável na sua fase de elaboração de projeto já são elaborados estudos bioclimáticos, carta solar e de implantação para evitar danos ao meio ambiente e prolongar a vida útil do prédio (MENEGAT, 2004).

Existe uma diferença entre o Procel Edifica, PBE Edifica e o Selo Procel, como é apresentado na Figura 6.2.

**Figura 6.2: PBE Edifica x Selo Procel x Procel Edifica**

<b>PBE Edifica</b>	<b>Selo Procel</b>	<b>Procel Edifica</b>
<b>Programa Brasileiro de Etiquetagem</b>	<b>"Bônus" do PBE</b>	<b>Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica</b>
<b>Voluntário</b>	<b>Voluntário</b>	<b>Voluntário</b>
<b>Apenas em edificações</b>	<b>Em todos os produtos</b>	<b>Apenas em edificações</b>
<b>Etiqueta A a E</b>	<b>Selo (apenas nos melhores de determinada categoria)</b>	<b>promover ações do uso eficiente de energia elétrica</b>

Fonte: Eletrobras (2013)

O Procel Edifica é um programa voltado para ações em benefícios da eficiência energética das edificações e as pessoas ou instituições que as aderem, não sofrem avaliações, por isso não recebem certificações, etiquetas ou selos. Enquanto a PBE Edifica é um Programa Brasileiro de Etiquetagem para edificações residenciais, comerciais, serviços ou públicas, a edificação que a adere é submetida voluntariamente a uma avaliação e no final receberá uma etiqueta chamada a Etiqueta Nacional de Conservação de Energia-ENCE, podendo ser classificada de A a E, mais e menos eficiente. O Selo Procel poderá ser aplicado em edificações e outros produtos, mas nas construções apenas após a edificação passar pelo processo da PBE Edifica, é voluntária e somente as melhores daquela categoria recebem o selo, pode-se entender como um “bônus” da edificação, algo mais exclusivo.

No Quadro 6.1, estão listados um resumo geral sobre a Certificação GBC Brasil Casa e a Etiqueta PBE Edifica Unifamiliar, como: Tipo, adesão, modelo, órgão certificador e avaliador, data de lançamento e país, metodologia, custos, entre outros aspectos.

**Quadro 6.1: Resumo Geral Comparativo: GBC Brasil Casa e PBE Edifica Unifamiliar**

<b>Quadro Resumo Geral comparativo</b>		
<b>Dados</b>	<b>GBC Brasil Casa</b>	<b>PBE Edifica Unifamiliar</b>
<b>Tipo</b>	Certificação	Etiqueta
<b>Adesão</b>	Voluntário	Voluntário
<b>Modelo</b>	Norte americano (EUA)	Brasileiro
<b>Órgão certificador</b>	Green Building Council Brasil	Eletrobrás
<b>Órgão avaliador</b>	Green Building Council Brasil	Organismo de Inspeção Acreditado (OIA) pelo Inmetro
<b>Lançamento</b>	2012	2010
<b>País</b>	Brasil	Brasil
<b>Metodologia</b>	Avaliação por meio de categorias(oito), que nelas consistem em pré-requisitos(obrigatórios) e créditos, quando atendidos são somados e demonstram o nível alcançado da certificação.	Avaliação da edificação a partir dos requisitos estabelecidos no Regulamento Técnico de Qualidade Residencial (RTQ-R).
<b>Tipologia</b>	Residência Unifamiliar	Unidade Habitacional Autônoma (UH), Edificação Multifamiliar e Áreas de Uso Comum
<b>Categorias</b>	Implantação (IMP), Energia e Atmosfera (EA), Uso Eficiente da Água (UEA), Materiais e Recursos (MR), Qualidade Ambiental Interna (QAI), Requisitos Sociais (RS), Inovação e Projeto (IP) e Créditos Regionais (CR).	Unidade Habitacional Autônoma (UH): Desempenho da Envoltória(verão/inverno) e, Sistema de aquecimento de água. Edificação Multifamiliar: uma média das unidades autônomas que a compõem. Áreas de uso comum: eficiência do sistema de iluminação artificial, das bombas centrífugas e dos elevadores, sistemas de iluminação artificial e de aquecimento de água (banheiros, vestiários e piscinas), os equipamentos e a sauna.
<b>Custo</b>	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>
<b>Nível</b>	Verde: 40-49 pontos Prata: 50-59 pontos Ouro: 60-79 pontos Platina: 80-110 pontos	A, B, C, D, E
<b>Requisitos mínimos</b>	Construção permanente, definir limites razoáveis para o projeto e cumprir as leis ambientais,	Qualquer edificação, edificação de uso exclusivo residencial.
<b>Processo</b>	Registro, Verificação, Revisão e Certificação	Inspeção de projeto e inspeção da edificação construída, podendo ser obtidas separadamente

<b>Benefícios</b>	<p>Custos operacionais mais baixos e aumento do valor patrimonial; Redução de resíduos enviados para aterros sanitários; Conservação de energia e água; Ambientes mais saudáveis e produtivos para ocupantes, resultando em melhor qualidade de vida, saúde e bem-estar;</p> <p>Redução das emissões de gases de efeito estufa; Qualificação para descontos fiscais, subsídios de zoneamento e outros incentivos financeiros por parte do poder público.</p>	<p>Conhecimento do nível de eficiência energética da edificação.</p>
-------------------	--	--

Fonte: Eletrobras (2013) e GBC Brasil (2019), adaptado pela autora.

Verificou-se que entre as diferenças dos dois modelos, a GBC Brasil Casa é uma certificação, ou seja, apenas os empreendimentos que alcançarem no mínimo 40 pontos será certificada e dentro delas em um dos quatro níveis “verde, prata, ouro ou platina”, um mesmo empreendimento só se classifica em um dos níveis, ou um ou outro. Porém a PBE Edifica, é uma etiquetagem, todo e qualquer edificação residencial que se submeter ao processo, será etiquetada, variando de A a E, mais ou menos eficiente, respectivamente.

Os dois programas são voluntárias e são inspecionadas por órgãos/pessoas creditadas em seus respectivos tipos, porém não é gratuito, o seu custo irá variar de acordo com a área construída, como mostra a Tabela 6.2, referente a certificação GBC Brasil Casa. Sobre a PBE Edifica, em média custa de R\$11mil a R\$22mil, isso para edificações de 500m<sup>2</sup> a 1.500m<sup>2</sup>, mas tudo depende do tamanho da edificação e da sua complexidade. Elas são aplicadas unicamente no Brasil, porém a GBC Brasil Casa sofreu interferências dos EUA na sua elaboração dos requisitos e metodologia.

**Tabela 6.2: Custos da Certificação GBC Brasil Casa**

TAXAS GBC BRASIL CASA - UNIFAMILIAR						
Área Total Construída	Membros GBC Brasil			Não-Membros GBC Brasil		
	área ≤ 300m <sup>2</sup>	301m <sup>2</sup> ≤ área ≤ 600m <sup>2</sup>	área > 601m <sup>2</sup>	área ≤ 300m <sup>2</sup>	301m <sup>2</sup> ≤ área ≤ 600m <sup>2</sup>	área > 601m <sup>2</sup>
Taxa de Inscrição	R\$ 650,00	R\$ 1.300,00	R\$ 2.600,00	R\$ 780,00	R\$ 1.560,00	R\$ 3.120,00
Avaliação de Projeto	R\$ 2.600,00	R\$ 3.900,00	R\$ 5.200,00	R\$ 3.120,00	R\$ 4.680,00	R\$ 6.240,00
Auditoria de Obra	R\$ 1.950,00	R\$ 2.600,00	R\$ 3.904,00	R\$ 2.340,00	R\$ 3.120,00	R\$ 4.680,00

Fonte: GBC Brasil (2019)

Zain e Carvalho (2017) avaliaram um empreendimento residencial multifamiliar em Santa Catarina, utilizando o método do PBE Edifica, com base na sua eficiência energética, estratégias para elevar o nível de eficiência energética e o impacto econômico por ter escolhido tais métodos. Identificaram que as medidas adotadas separadamente não promoveram grandes



diferenças na classificação final do empreendimento, mas quando usadas simultaneamente, obtiveram a ENCE A.

Enquanto a GBC Brasil Casa atua apenas em residências unifamiliares, a PBE Edifica Residencial pode atuar em até três tipos “Unidade Habitacional Autônoma (UH), Edificação Multifamiliar e Áreas de Uso Comum”. Nos dois seus requisitos mínimos são semelhantes, deve ser toda e qualquer edificação de uso exclusivo residencial, cumpra as leis ambientais e seja uma edificação permanente, cumpra seus pré-requisitos obrigatórios.

Sobre os seus benefícios, o GBC Brasil Casa possui uma preocupação mais ampla e detalhada ao longo do processo, visando itens como Custos operacionais mais baixos e aumento do valor patrimonial; Redução de resíduos enviados para aterros sanitários; Conservação de energia e água; Ambientes mais saudáveis e produtivos para ocupantes, resultando em melhor qualidade de vida, saúde e bem-estar; Redução das emissões de gases de efeito estufa; Qualificação para descontos fiscais, subsídios de zoneamento e outros incentivos financeiros por parte do poder público.

Oliveira e Faria (2019), ao realizarem um estudo sobre o impacto econômico da construção sustentável do Estádio Mineirão em Minas Gerais, concluíram que uma das motivações para o uso de métodos sustentáveis nessa construção foi ser um dos requisitos para financiamento do BNDES. Para isso, utilizaram a certificação LEED, obtendo a certificação mais alta, com os seguintes números: 0,5% do total investido para obter a certificação, 2,3% em usina fotovoltaica e 15% em tecnologia. Fazendo-se uma relação com os custos anuais, essa edificação consegue ter uma estimativa de redução de quase R\$2 bilhões, proveniente de eficiência energética.

A metodologia e critérios para a etiquetagem PBE Edifica, em edificações unifamiliares, estão distribuídos em três itens (Quadro 5.2). envoltória, que são os elementos que separam do ambiente externo para interno e que influenciam diretamente ou indiretamente a transmitância térmica, ventilação e iluminação natural ou artificial. Nesse item da envoltória os pisos, independente de tocarem ou não o solo, não estão incluídos. No segundo item, tem-se aquecimento de água, que é verificando o seu sistema, por meio de cálculos numéricos. E por fim, suas bonificações, que permitem que as edificações consigam mais itens de eficiência energética e aumentem a sua pontuação.

**Quadro 6.2: Checklist: PBE Edifica "Edificações Unifamiliares"**

<b>Checklist: PBE Edifica " Edificações Unifamiliares"</b>	
<b>Envoltória</b>	Transmitância térmica, capacidade térmica e absorção solar das superfícies
	Ventilação natural/artificial
	Iluminação natural/artificial
<b>Aquecimento de água</b>	Sistema de aquecimento solar
	Sistema de aquecimento gás
	Sistema de aquecimento elétrico
<b>Bonificações</b>	Ventilação natural
	Iluminação natural
	Uso racional de água
	Condicionamento artificial de ar
	Iluminação artificial
	Ventiladores de teto
	Refrigeradores
Medição individualizada de energia	

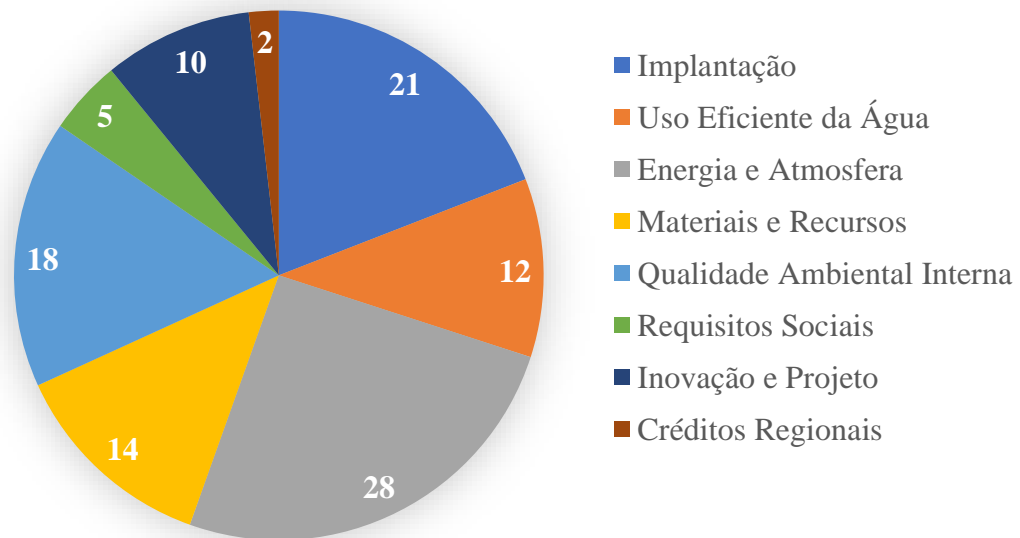
Fonte: Eletrobras (2013), adaptado pela autora.

Altomonte *et al.* (2019, p.270), chegaram à conclusão que os projetos arquitetônicos devem ser elaborados levando em consideração os seus futuros usuários, pois diversas coisas podem mudar entre a concepção do projeto e a ocupação, assim mais itens listados na certificação LEED podem ser observados como o conforto luminotécnico, desempenho energético e melhor aproveitamento do ambiente interno. “Os sistemas de classificação devem incentivar o monitoramento contínuo do desempenho do edifício e oferecer oportunidades de recertificação ao longo do tempo”.

Enquanto a GBC Brasil Casa, conforme Anexo I avalia seus empreendimentos residenciais unifamiliares em oito itens, como Implantação, Energia e Atmosfera, Uso Eficiente da Água, Materiais e Recursos, Qualidade Ambiental Interna, Requisitos Sociais, Inovação e Projeto, e Créditos Regionais, cada item possui suas ramificações e nelas possuem se o crédito é obrigatório ou não, se deve ser analisado em obra ou na fase de projeto ou itens não obrigatórios possuem pontuações variando de 1 a 10 pontos. Com isso abrange e detalha mais pontos para serem observados em suas análises, tornando sua avaliação mais eficiente por tratar distintos temas e não apenas a eficiência energética.

No Figura 6.3, verifica-se a oito categorias e suas respectivas pontuações totais, sua somatória é 110 pontos, além deles existe em cada categoria os pré-requisitos que são obrigatórios e não pontuam, devido sua obrigatoriedade. A categoria Energia e Atmosfera é a que mais pontua, com 28 pontos, enquanto Créditos Regionais apenas 2 pontos.

**Figura 6.3: Categoria de Objetivos GBC Brasil Casa x Percentual de Contribuição**



Fonte: GBC Brasil (2019)

Cada critério possui questões que são avaliadas, na Implantação visam controlar a erosão e reduzir os impactos ambientais do local que será construído a edificação; Uso Eficiente da Água, reduzir o consumo e utilizar o sistema de reaproveitamento; Energia e Atmosfera, uso eficiente dos aparelhos eletrônicos, sistema de energia renovável e minimizar os gases lançados a atmosfera; Materiais e Recursos, promover a redução dos desperdícios gerados na obra e escolher os materiais de acordo com regionalidade e função da edificação; Qualidade Ambiental Interna, proporcionar conforto aos usuários; Requisitos Sociais, acessibilidade universal e inclusão; Inovação e Projeto, empregar a inovação das técnicas e materiais construtivos no processo criativo dos projetistas e arquitetos; e Créditos Regionais, observar a zona bioclimática que o projeto será realizado, para levar em consideração os ventos, materiais locais, posição do sol, temperatura e função do prédio.

Sobre os requisitos mínimos exigidos no GBC Brasil Casa, são praticamente três: Construção permanente, como é analisado não apenas a edificação, mas o seu entorno, há a necessidade de que seja uma edificação fixa e permanente, operando em terreno existente e não podendo se movimentar ao longo da sua vida útil, os containers e outros modelos pré-fabricados podem ser certificados, desde que sejam fixas e permanentes. No segundo item, é para definir limites razoáveis para o projeto, sendo importante definir o perímetro da construção, pois é avaliado os impactos ambientais do projeto e na fase de obra. Vale ressaltar que os limites não podem ser alterados ao longo do processo. E por fim, deve-se cumprir as leis ambientais, pois

essa é uma certificação ambiental e nada mais coerente que o projeto arquitetônico cumpra todas as leis federais, estaduais, municipais, além dos regulamentos necessários. E isso começa a valer a partir da data do registro do projeto até a sua certificação. Para o PBE Edifica Unifamiliar, existe apenas um requisito mínimo: qualquer edificação que seja de uso exclusivo residencial e usado por seres humanos.

No quesito processo, existe a divisão em quatro partes para obtenção da certificação GBC Brasil Casa. Inicia-se com a etapa de registro, em que será verificado se o projeto atende todos os requisitos básicos citados anteriormente e será levantada as possíveis dificuldades e soluções. Recomenda-se que o seu registro seja realizado antes do início da obra no site da [www.gbcbrasil.org.br](http://www.gbcbrasil.org.br). Após isso, o proponente receberá um *email*, com cópia do contrato de Certificação.

Após isso, na segunda parte, que é a verificação, será analisado o projeto e o canteiro de obras, devendo o canteiro de obras ser fotografado e acompanhado em todas as etapas da obra. Além disso, a equipe de auditoria pode visitar a obra a qualquer momento e seus custos já estão inclusos no contrato. Na terceira etapa, a revisão, será enviado toda a documentação por via eletrônica com pelo menos dois meses de antecedência e o prazo máximo é um ano após a sua construção final. Nessa etapa existem sub etapas, como revisão de projeto e revisão de obra (25 a 30 dias para resposta), reavaliação ou recurso (15 dias úteis), revisão acelerada (15 a 20 dias úteis, R\$3 mil reais para todo o projeto), formulários da certificação e documentação de suporte. Por fim, a Certificação, após toda a revisão e somatório dos pontos, será anunciado o nível de certificação final.

Na PBE Edifica Unifamiliar, primeiro é feito a solicitação de início de processo, que deve encaminhar ao Organismo de Inspeção Acreditado (OIA), após isso é realizado a Inspeção de projeto e emissão de Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE). Por fim, ocorre a Inspeção da edificação construída e emissão da ENCE de Edificação Construída, podendo ser obtidas separadamente, quando a edificação já está construída, que nesse caso será emitida, apenas, a ENCE de Edificação construída.

No Quadro 6.3, foi realizado um quadro comparativo dos critérios dos programas GBC Brasil e PBE Edifica Unifamiliar, com base em oito parâmetros: Implantação, Água, Energia Elétrica, Materiais, Conforto Interno, Inovação, Requisitos sociais e Regionalidade.

**Quadro 6.3 Comparativo dos Critérios: GBC Brasil Casa e PBE Edifica Unifamiliar**

<b>Comparativo dos Critérios de classificação</b>		
<b>Parâmetros</b>	<b>GBC Brasil Casa</b>	<b>PBE Edifica Unifamiliar</b>
<b>Implantação</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Controle da erosão</li> <li>-Não é permitido o uso de Plantas estrangeiras</li> <li>-Topografia</li> <li>-Desenvolvimento urbano e seu entorno</li> <li>-Preservação ou Restauração</li> <li>-Próximo de transporte público e áreas institucionais</li> <li>- Acesso a espaço aberto</li> <li>- Redução do Impacto da obra no terreno e da Ilha de Calor</li> <li>-Paisagismo</li> <li>-Controle e Gerenciamento de Águas Pluviais</li> </ul>	- De acordo com cada Zona Bioclimática
<b>Água</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Uso Eficiente (básico e otimizado)</li> <li>-Medição individualizada</li> <li>- Fontes alternativas não potáveis</li> <li>- Sistema de irrigação eficiente</li> <li>- Plano de segurança da água</li> <li>-Aquecimento de água eficiente</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sistema de aquecimento solar</li> <li>- Sistema de aquecimento gás</li> <li>- Sistema de aquecimento elétrico</li> </ul>
<b>Energia Elétrica</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Qualidade e Segurança dos sistemas</li> <li>- Iluminação artificial (básica e otimizada)</li> <li>- Desempenho Energético</li> <li>- Obter a Etiqueta PBE Edifica</li> <li>- Energia Renovável</li> <li>- Aquecimento solar</li> <li>-Medição básica de energia</li> <li>- Equipamentos eletrodomésticos eficientes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ventilação natural e artificial</li> <li>- Iluminação natural e artificial</li> <li>- Condicionamento artificial de ar</li> <li>- Ventiladores de teto</li> <li>- Refrigeradores</li> <li>- Medição individualizada de energia</li> </ul>
<b>Materiais</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Plano de Gerenciamento de resíduos da construção e operação</li> <li>- Madeira legalizada e certificada</li> <li>- Rotulagens ambientais: materiais certificados, materiais ambientalmente preferíveis, e declaração ambiental do produto</li> <li>- Demonstrabilidade e redução de resíduos: Sistemas estruturais e elementos não estruturais</li> </ul>	- Materiais específicos para cada Região Bioclimática
<b>Conforto Interno</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Recomendações da Arquitetura Bioclimática</li> <li>- Desempenho da envoltória (básico e aprimorado)</li> <li>- Controle de emissão de gases de combustão</li> <li>- Desempenho: térmico, lumínico e acústico</li> <li>- Exaustão localizada (básica e aprimorada)</li> <li>- Controle de Umidade local e de partículas contaminantes</li> <li>- Proteção de poluentes provenientes da garagem</li> <li>- Materiais de baixa emissão</li> <li>- Saúde e bem-estar</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Transmitância térmica, capacidade térmica e absorção solar das superfícies</li> <li>- Ventilação natural/artificial</li> <li>- Iluminação natural/artificial</li> </ul>
<b>Inovação</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Manual de operação, uso e manutenção</li> <li>- Projeto integrado e Planejamento</li> <li>- Educação e Divulgação</li> <li>- Inovação e Projeto</li> </ul>	-Sistema eficiente de água e energia
<b>Requisitos Sociais</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Calçadas acessíveis</li> <li>- Acessibilidade universal</li> <li>- Liderança em ação</li> <li>- Boas práticas sociais: Projeto e obra; e Operação e Manutenção</li> <li>- Legalidade e Qualidade</li> </ul>	NÃO POSSUI
<b>Regionalidade</b>	- Prioridades regionais: Norte, Nordeste, Sul, Sudeste e Centro-Oeste, de acordo com cada Zona Bioclimática	- Prioridades regionais: Norte, Nordeste, Sul, Sudeste e Centro-

	Oeste, de acordo com cada Zona Bioclimática
--	---

Fonte: Eletrobras (2013), GBC Brasil (2019)

Os dois programas de certificação mencionados acima possuem algumas semelhanças, como o uso da Zona Bioclimática como parâmetro, para a partir disso determinar os materiais, técnicas construtivas, realizar estudo dos ventos e do sol, para propor aberturas e brises adequados. Pois a zona bioclimática é “Região geográfica homogênea quanto aos elementos climáticos que interferem nas relações entre ambiente construído e conforto humano de acordo com a NBR 15220-3” (INMETRO, 2012).

Nos parâmetros implantação e materiais a GBC Brasil possui critérios estabelecidos para serem analisados, enquanto o PBE Edifica será analisado de acordo com a Zona Bioclimática que a residência está implantada. Nos quesitos de água e energia elétrica, é verificado o uso eficiente dos consumos de água e energia elétrica, além da medição individualizada, o uso de energia renovável e sistemas eficientes para a sua operacionalização.

Para o conforto interno é observado na PBE Edifica a ventilação e iluminação natural/artificial, e a transmitância térmica, enquanto na GBC Brasil é analisado nove critérios, entre eles o controle de umidade local, saúde e bem-estar, o desempenho da sua envoltória, além das recomendações da sua zona bioclimática.

No quesito inovação, a PBE Edifica é bem sucinta, usando apenas a eficiência dos sistemas de água e energia, enquanto no GBC Brasil manual de operação, uso e manutenção, panfletos de educação e divulgação, inovação no projeto, além da integração de todos os projetos e o planejamento da obra. A PBE Edifica não possui requisitos sociais, devido o seu foco ser a eficiência e economia energética na edificação, mas como a GBC Brasil é uma certificação que analisa todos os aspectos da edificação, da obra ao uso, nesse parâmetro, é observado a acessibilidade das calçadas e da edificação, além das boas práticas no canteiro de obra.

A Etiquetagem PBE Edifica é um programa voltado para eficiência energética das edificações, por isso seu checklist (Quadro 6.2) está dividido em três partes: envoltória, aquecimento de água e bonificações. Alguns pontos como transmitância térmica, ventilação e iluminação natural, partem do pressuposto da zona bioclimática de cada região, para posteriormente tomar as decisões projetuais e de acordo com a sua funcionalidade.

A certificação GBC Brasil possui parâmetros distribuídos em oito categorias: Implantação, Uso Eficiente da água, Energia e Atmosfera, Materiais e Recursos, Qualidade ambiental interna, Requisitos sociais, Inovação e projeto, e Créditos regionais. Sendo que na

categoria Energia e Atmosfera, um dos seus créditos(pontuação) é “obter a etiqueta PBE Edifica”, com isso verifica-se que a GBC Brasil possui mais requisitos e é mais complexa que a Etiquetagem PBE Edifica.

Como o governo é o responsável em promover incentivos e políticas para o uso da energia limpa, eles podem impor taxas mínimas de eficiência energética que cada edificação poderá utilizar e beneficiar essas edificações, pois dependendo das características e da sua localização pode ser utilizado painéis solares ou outros tipos de fontes renováveis para a produção e consumo de energia, entre os critérios do GBC Brasil Casa, seria contemplado em pontos como: energia e atmosfera, materiais e recursos, créditos regionais por uso de fonte energéticas propícias do local e inovação e projeto. Medidas estas que ganham pontos no programa de certificação e levam benefícios para os seus usuários (FUERST, 2009).

Aderir medidas que busquem a qualidade de vida e o conforto de seus usuários, ainda, na fase de projeto ou após a sua construção, sendo a forma que a construção civil encontrou para se adequar ao novo nicho de mercado, voltado para as construções sustentáveis, levando em consideração o clima, localização, tipo de edificação, os usuários e custos (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 2014).

#### **6.4 Considerações Finais**

Ao se analisar, de forma mais ampla, a certificação GBC Brasil Casa e a etiquetagem PBE Edifica, verificou-se que a certificação GBC Brasil é mais complexa e abrange mais critérios que a PBE Edifica, pois enquanto a etiquetagem o seu foco é etiquetar edificação no quesito energético unicamente, a certificação analisa parâmetros da edificação como um todo, da elaboração do projeto, obra, implantação, em torno, aspectos sociais e regionais, e no dia a dia quando a edificação já está com os seus usuários, exercendo a sua função para qual foi construído.

A etiqueta PBE Edifica por possuir o seu foco na eficiência energética da edificação, por meio do estudo da envoltória, iluminação, condicionamento de ar e aquecimento da água, esse é o programa de certificação mais adequado para quem busca somente a eficiência energética em sua edificação. Mas se o usuário almeja uma obra e edificação sustentável, pois deseja que em todas as etapas seja empregado critérios de sustentabilidade, a GBC Brasil é a mais recomendável, devido analisar critérios da elaboração do projeto à vida útil do prédio.

## 6.5 Referências

ALTOMONTE, S.; SCHIAVON, S.; KENT, M. G.; BRAGER, G. Indoor environmental quality and occupant satisfaction in green-certified buildings. **Building Research & Information**, v.3, n. 47, p.255-274, 2019.

AMIRI, A.; OTTELIN, J.; SORVARI, J. Are LEED-Certified Buildings Energy-Efficient in Practice? **Sustainability**, v. 6, n. 11, p. 1-14, 2019.

CORBELLA, O.; CORNER, V. N. **Manual de arquitetura bioclimática tropical. Para a redução de consumo energético**. Rio de Janeiro-RJ: Editora Revan, 2011.

COSTA, E. D.; MORAES, C. S. B. Construção civil e a certificação ambiental: análise comparativa das certificações LEED (leadership in energy and environmental design) e AQUA (alta qualidade ambiental). **Engenharia Ambiental**, Espírito Santo do Pinhal, v. 10, n. 3, p. 160-169, maio/jun., 2013.

DALL’O, G.; GALANTE, A.; SANNA, N.; MILLER, K. On the integration of leadership in energy and environmental design (LEED)® ND Protocol with the energy planning and management tools in Italy: Strengths and weaknesses. **Energies**. v.11, n. 6, p. 5990-6015, 2013.

DODGE. Dodge Construction Network. **World Green Building Trends 2021**. Bedford-MA. Dodge data & Analytics. 2021. Disponível em: <https://www.construction.com/toolkit/reports/World-Green-Building-trends-2021>. Acesso em: 27 fev. 2022

ELETROBRÁS. Introdução ao Programa Brasileiro de Etiquetagem de Edificações. **Eletrobrás/Procel Edifica, Inmetro e CB3E/UFSC**. Rio de Janeiro-RJ, set. 2013. Disponível em: <https://www.pbeedifica.com.br/sobre>. Acesso em: 27 fev. 2022

ELETROBRAS. **Selo Procel de Economia de Energia para Edificações: Manual de Identidade Visual**. Versão 2.0. Rio de Janeiro, RJ. Set. 2020. Disponível em: <http://www.procel.gov.br/services//DocumentManagement//FileDownload.EZTSvc.asp?DocumentID={0E26BA54-0A5E-4755-9D1C-4639CE7B0B47}&ServiceInstUID={46764F02-4164-4748-9A41-C8E7309F80E1}>. Acesso em: 20 abr. 2022

FUERST, F. Building momentum: An analysis of investment trends in LEED and energy star-certified properties. **Journal of Retail & Leisure Property**, n. 8, p. 285-297, 2009.

GALAFASSI, M.; PEREIRA, F. O. R. Energy Efficiency Regulations and the Process of Architecture Design of Buildings: A Case Study. **PLEA2013 - 29th Conference, Sustainable Architecture for a Renewable Future**, Munich-Germany, p.10-12 September 2013.

GBC. **LEED v4.1 para Operação e Manutenção de Edifícios? GBC Brasil**. 2019. Disponível em: <https://www.gbcbrazil.org.br/leed-v4-1-para-operacao-e-manutencao-de-edificios/> Acesso em: 22. fev. 2022.

GBC BRASIL. **Guia prático: porque e como certificar o seu projeto**. Certificação GBC Brasil Casa. Barueri-SP: Green Building Council Brasil, 2019.



INMETRO. Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial. **Portaria n.º 18, de 16 de janeiro de 2012**. Regulamento técnico da qualidade para o nível de eficiência energética edificações residenciais. 2012. Disponível em: <http://www.inmetro.gov.br/legislacao/rtac/pdf/rtac001788.pdf>. Acesso em: 18 maio 2022

INMETRO. Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial. **Consulta pública nº 3, de 9 de março de 2021**. Ministério da Economia. Brasil. 2021. Disponível em: <http://www.inmetro.gov.br/legislacao/rtac/pdf/RTAC002708.pdf>. Acesso em: 10 ago.2022

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. O. R. **Eficiência Energética na Arquitetura**. 3. ed. Eletrobras/Procel, 2014. 382 p.

MATOS, B.F.C. **Construção sustentável: panorama nacional da certificação ambiental**. 2014. 207p. Dissertação (Mestrado em Ambiente Construído) -Faculdade de Engenharia da Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora,2014.

MARTINEZ, M. F.; ALVES, M. B.; PEREIRA, L. A.; BEYER, P.O. Redução de consumo de energia elétrica através de conceitos *green building*. **Revista Eletrônica de Potência**, vol. 14, no. 2, Maio de 2009.

MEDEIROS, M. L., MACHADO, D. F. C., PASSADOR, J. L., & PASSADOR, C. S. Adoção da certificação LEED em meios de hospedagem: esverdeando a hotelaria? **RAE - Revista de Administração de Empresas**, 52(2), p.179-192. 2012. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rae/a/kYbyXfssz4y6k9ychxQBWTh/?lang=pt&format=pdf>. Acesso em: 27 jun. 2021.

MENEGAT, R. **Desenvolvimento Sustentável e Gestão Ambiental nas cidades**. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2004.

OLIVEIRA, J. C.; FARIA, A.C. Impacto econômico da construção sustentável: a reforma do Estádio do Mineirão. **Urbe: Revista Brasileira de Gestão Urbana**. n. 11, p.1-14, 2019.

PBE EDIFICA. **O que é a etiqueta PBE Edifica?** 2018. Disponível em: <http://pbeedifica.com.br/conhecendo-pbeedifica#:~:text=A%20Etiqueta%20%C3%A9%20o%20Selo,etiqueta%20pode%20receber%20nomes%20diferentes>. Acesso em: 19 ago. 2020.

PEREIRA, A.; WEISS, M. **O Setor Elétrico e as Novas Políticas de Eficiência Energética**. Caderno Opinião FGV ENERGIA, 2016. Disponível em: <https://bibliotecadigital.fgv.br/dspace/bitstream/handle/10438/19246/Coluna%20Opinio%20Novembro%20Amaro%20e%20Mariana.pdf>. Acesso em: 16 mar. 2022

RODRIGUES, C.; FREIRE, F. Integrated life-cycle assessment and thermal dynamic simulation of alternative scenarios for the roof retrofit of a house. **Building and Environment**, v. 81, p. 204-215, nov. 2014.

SILVA, M.C.C. **Instrumento para pré-avaliação da seleção de materiais em projetos que visam certificação ambiental**. 2013. 101p. Dissertação (Mestrado em Ambiente Construído) -Curso de Ambiente Construído, Faculdade de Engenharia da UFJF Juiz de Fora,2013.

VASCONCELOS, D.P.L.B. **Sustentabilidade e Certificações Ambientais: Impacto no Processo de Elaboração do Projeto de Arquitetura da Casa Brasileira.** Niterói, Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo - UFF, 2015. p. 115. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo - UFF, 2015.

ZAIN, J. V. D.; CARVALHO, C.R. **Estudo de estimativa de custo para a obtenção da etiqueta PBE Edifica em um empreendimento residencial multifamiliar na cidade de Balneário Camboriú- SC.** In: XIV ENCAC- Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído e X ELACAc- Encontro Latino-Americano de Conforto no Ambiente Construído. 2017 Balneário Camboriú-SC.

## 7 CONTRIBUIÇÕES DA ARQUITETURA BIOCLIMÁTICA E DAS CERTIFICAÇÕES AMBIENTAIS PARA A MELHORIA DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS

### *CONTRIBUTIONS OF BIOCLIMATE ARCHITECTURE AND ENVIRONMENTAL CERTIFICATIONS TO IMPROVE ENERGY EFFICIENCY IN RESIDENTIAL BUILDINGS*

#### **Resumo**

As práticas de construção sustentável estão cada vez mais difundidas, em grande parte devido à pressão social sobre o setor da construção civil para construir edifícios menos agressivos e confortáveis. As certificações ambientais garantem que os construtores cumpram os requisitos ambientais dos seus edifícios. Sobre formas de mensurar os níveis de sustentabilidade em construções. As ferramentas da arquitetura bioclimáticas, aplicadas de acordo com a área, melhoraram a condição do ambiente urbano e o conforto térmico, favorecendo a redução do consumo de energia. Por isso esta pesquisa possuiu o objetivo de discutir a influência de parâmetros da arquitetura sustentável e das certificações ambientais para a melhoria da eficiência energética em edificações. E com isso verificou que à medida que os projetos começam a ser planejados, há um ganho econômico, social e ambiental, por meio da redução dos gastos, devido a priorização da utilização de mão de obra e material local, estudo da implantação no terreno, permitindo o uso da ventilação e iluminação natural, evitando o uso desnecessário de condicionamento de ar e iluminação artificial, podendo ser utilizada energia renovável.

**Palavras Chaves:** Arquitetura bioclimática, Eficiência energética, Certificações ambientais, Residências.

#### **Abstract**

Sustainable construction practices are increasingly widespread, largely due to social pressure on the less aggressive and comfortable construction sector. Environmental certifications ensure that builders meet the environmental requirements of their buildings. About ways to measure sustainability levels in buildings. The bioclimatic architecture tools, applied according to the area, improve the condition of the urban environment and the thermal comfort, improving the reduction of energy consumption. Therefore, it has the objective of researching the influences of sustainable architecture and environmental certifications to improve energy efficiency in buildings. And with that implementation hand and environmental costs, through the reduction of social costs, through the reduction of the implantation costs and a local material, due to the reduction of the use of land, as the projects are economical use of ventilation and natural lighting, artificial lighting, use of artificial lighting, artificial lighting, use of natural lighting and artificial lighting.

**Keywords:** Bioclimate architecture, Energy efficiency, Environmental certifications, Residences.

## 7.1 Introdução

Devido ao aumento do consumo de energia elétrica nas edificações, os governos de distintos países propuseram ações publicitárias com o objetivo de conscientizar a população a economizar energia e criaram programas/normas para tornar os equipamentos elétricos mais eficientes (EL-DARWISH; GOMAA, 2017).

O setor da construção civil é responsável por grande parte da matéria prima consumida e da geração de resíduos. Devido a isso, existem diversas estratégias de fácil execução e primordiais para a saúde e bem-estar dos seus usuários, como a coleta seletiva, ventilação e iluminação natural, projeto paisagístico, ambientes que proporcionem conforto visual e térmico para as pessoas (CUSTÓDIO; DAVID; BARATA, 2021).

Na arquitetura, um edifício pode ser considerado mais eficiente energeticamente do que outro, devido apresentar resultados similares consumindo menos. Entre os estudos voltados para isso, tem-se a arquitetura bioclimática que faz a relação entre a construção e o local onde será implantado, visando o conforto do usuário e se utilizando das matérias primas do local, clima, vegetação, a favor da edificação (CORBELLA; CORNER, 2011).

Para se obter uma construção com princípios bioclimáticos, alguns itens devem ser observados como: condições climáticas, umidade, temperatura, vento, terreno, carta solar, materiais regionais e sua implantação no local (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 2014). De acordo com o GBC Brasil (2017), a arquitetura bioclimática “consiste em levar em consideração, no desenho das edificações, as condições climáticas, utilizando os recursos disponíveis na natureza (sol, vegetação, chuvas e ventos) para minimizar os impactos ambientais e reduzir o consumo energético”.

Segundo Costa e Moraes (2013, p. 165) a adoção das práticas construtivas sustentáveis no Brasil está emergindo, grande parte é devido a pressão social que o setor da construção civil vem sofrendo para construir edificações menos agressivas ao meio ambiente e que proporcionem conforto. As certificações ambientais são uma forma de assegurar que os construtores estão cumprindo requisitos ambientais em seus prédios. Sobre as formas de mensurar os níveis de sustentabilidade na edificação “já havia um consenso entre investigadores e agências governamentais de que a certificação de desempenho criava mecanismos eficientes de demonstração de melhoria contínua quando associadas a sistemas de certificação”.

As edificações sustentáveis sempre estiveram atreladas ao conceito de uma filosofia ambientalista, como algo que vivesse de forma independente, ‘a parte da sociedade’, porém ao longo dos anos a sua definição aborda questões como eficiência, integração, inteligência, inovação, economia, reuso/reutilização/reaproveitamento, alto desempenho. Por ser um

conceito amplo, abrange distintas normas, leis, certificações/selos, estando eles relacionados as questões da economia, social e ambiental (AMARAL *et al.*, 2012).

Agopyan e John (2021, p.134) mencionam “Certificações e selos podem ser considerados negócios: organizações vendem esses serviços. (...), a proliferação de sistemas de certificação e selos traz mais confusão do que esclarecimento. E o que é pior, muitas vezes, falsas certezas.” A certificação ambiental é a ferramenta mais consagrada para avaliar a sustentabilidade de uma edificação. Nela consiste a integração entre o conhecimento científico e o empírico, que juntos visam a melhoria no processo de construir e sua eficiência.

Em estudo realizado por Meulam *et al.* (2020, p. 96), foi avaliada a eficiência de técnicas da arquitetura bioclimática para reduzir o consumo de energia elétrica e contribuir para a eficiência energética de edificações, concluindo que:

[...] as técnicas da arquitetura bioclimática aplicadas nas construções, ocasionaram efeitos na redução de temperatura nos ambientes em comparação as áreas que não empregavam tais métodos. Os resultados deste estudo demonstraram também que as técnicas arquitetônicas bioclimáticas influenciam parcialmente no microclima local onde estão sendo empregadas.

Para Beccali *et al.* (2018), os instrumentos da arquitetura bioclimática quando utilizados de acordo com cada região, melhoram as condições do meio ambiente urbano e o conforto térmico, promovendo uma redução no consumo de energia.

Como relata John (2000), para que haja um desenvolvimento sustentável nas construções são necessárias transformações estruturais, juntamente com ações da sociedade civil e do poder público, exigindo mudanças, leis e normas, para que aos poucos exista uma mudança de comportamento e cultura relacionado a maneira de se construir sem pensar nas futuras gerações e nos impactos que uma edificação acarreta, devido a sua vida útil ser em média cinquenta anos.

Os sistemas construtivos e os projetos arquitetônicos, cada vez mais, devem incluir as considerações ambientais e energéticas em seus projetos, com a finalidade que haja uma harmonização entre os espaços, clima e local, proporcionando conforto aos seus usuários. Devido a isso, este estudo teve o seguinte objetivo de discutir a influência de parâmetros da arquitetura bioclimática e das certificações ambientais para a melhoria da eficiência energética em edificações.

## **7.2 Metodologia**

Trata-se de estudo de abordagem qualiquantitativa, do tipo descritivo. Foi realizada pesquisa bibliográfica e documental, debatendo o impacto do zoneamento bioclimático

brasileiro e correlacionando-o com os seguintes temas: eficiência energética, programas de certificação em edificações, por intermédio de sites oficiais, periódicos, livros, normas e legislações pertinentes ao assunto, o que subsidiará as reflexões e discussões.

Para a análise, foi utilizada a ABNT NBR 12.220-3 (ABNT, 2005) “Desempenho térmico de edificações Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social”. A análise do impacto das oito zonas bioclimáticas brasileiras, estabelecidas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas-ABNT em 2013, sobre os programas de certificações já citados, para que alcancem a eficiência energética, utilizando essa ABNT como ferramenta.

### **7.3 Resultados e Discussão**

A indústria da construção civil possui grande responsabilidade sobre os impactos ambientais e danos ao meio ambiente, devido a quantidade de recursos naturais não renováveis, além da geração de resíduos e poluentes lançados ao meio ambiente. Entretanto, na última década, essa indústria, sobretudo pelos arquitetos, está sendo paulatinamente estimulada a buscar reformulações em suas atividades de concepção e desenvolvimento projetual. Essas reformulações estão diretamente relacionadas ao modo de conceber, construir e utilizar as edificações de maneira sustentável, fazendo uso do estabelecimento de padrões de qualidade ambiental e humana e da introdução de novas tecnologias de menor impacto e que possam ser desmontadas para aumentar a vida útil dos componentes (VIEIRA; BARROS FILHO, 2009).

Arquitetura bioclimática é a arquitetura que em sua elaboração leva em consideração o clima do local da construção como fator determinante no projeto, utilizando estratégias bioclimáticas e técnicas construtivas para obter de forma natural o conforto para os usuários da edificação (NASCIMENTO; SACHT, 2013).

A NBR 15.220-3 (2005) faz parte da norma de desempenho térmico de edificações e está subdividida em cinco partes. Nesse estudo foi analisado a parte 3 “Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social”, a sua avaliação pode ser realizada na fase de projeto ou edificação construída. Na fase de projeto são realizados estudos em softwares e, após a construção, são efetuadas medições no local para classificar o desempenho da edificação e posteriormente são realizados estudos.

Mello *et al.* (2017, p.24), apontam a relevância da relação entre arquitetura e o clima do local onde será realizado o projeto/obra, pois além do tema ter ganho mais destaque nas últimas décadas, “a arquitetura bioclimática corre em busca de soluções adequadas para a integração

do homem com o meio, propondo mudanças no processo de criação e execução dos espaços habitáveis, repercutindo em toda a cadeia produtiva da construção civil”.

De acordo com Koenigsberger *et al.* (1977), os elementos climáticos são baseados em cada tipo de clima e para isso respaldam em alguns pontos como: temperatura do ar, movimentações e radiação, além das precipitações. E com isso tem-se os fatores climáticos que se dividem em globais e locais. Os globais dão origem ao clima, enquanto os locais originam os microclimas.

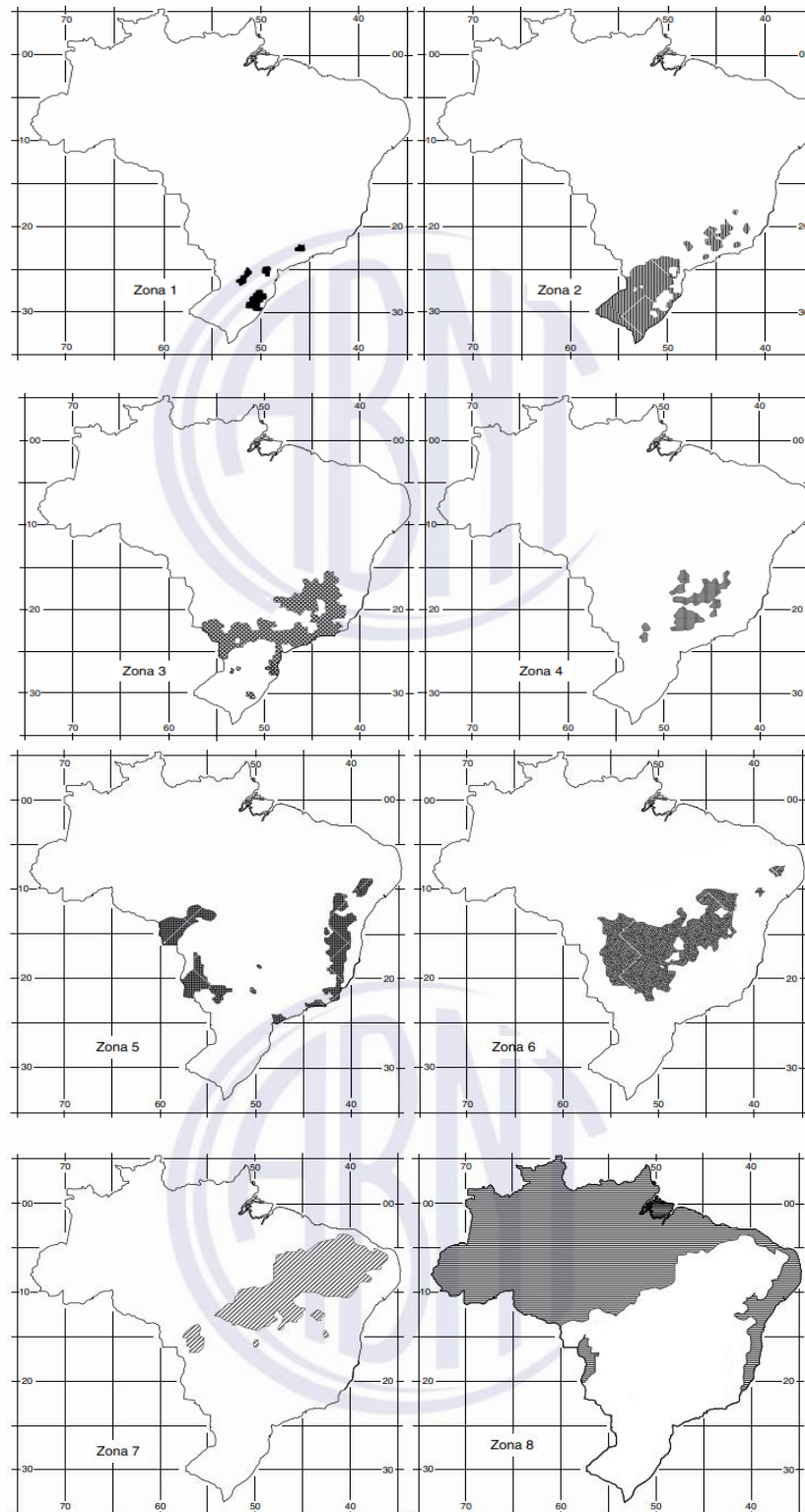
Com o objetivo de ajudar na prática da arquitetura bioclimática e de instruções norteadoras para projetos e reformas em edificações, diversos países criaram normas de zoneamento, como forma de estabelecer diretrizes construtivas de acordo com cada clima da região, pois esse mapeamento facilita com que haja projetos com qualidade ambiental e eficiência energéticas nos ambientes (MARTINS; BITTENCOURT, KRAUSE, 2012).

Adequar um projeto para o clima local, interfere positivamente no impacto sobre o conforto térmico do usuário naquele ambiente, além de promover um edifício de qualidade. E muitas para se atingir tal objetivo é necessário consumir uma grande quantidade de energia em condicionamento de ar ou aquecedores, e que boa parte da população brasileira não possui recursos suficientes para manutenção e compra de aparelhos (SILVEIRA, 2014).

Com a finalidade de nortear as escolhas dos profissionais da construção civil na elaboração de seus projetos, existem métodos e ferramentas que dão diretrizes projetuais bioclimáticas com base em cada região “fazendo isso da tecnologia que se baseia na correta aplicação dos elementos arquitetônicos, a fim de fornecer ao ambiente construído, um alto grau de conforto hidrotérmico, com baixo consumo energético”, entre os instrumentos pode-se citar a carta solar, mapas de climas e biomas das cidades (BOGO *et al.*, 1994, p.9).

Foi dividido o território brasileiro em oito zonas como demonstra a Figura 7.1, com base nos dados climáticos de 1931 a 1990, por meio da Carta Bioclimática de Givoni, na NBR de Zoneamento Bioclimático foram estabelecidas diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social, com parâmetros e condições de conforto interno de seus usuários. Suas diretrizes estão relacionadas em três pontos: aberturas para ventilação e sombreamento, tipos de vedações externas e estratégias de condicionamento térmico, tudo de acordo com a zona climática que a edificação está situada (BRASIL, 2022). Em resumo, a zona bioclimática é um gráfico a partir de três dados: climáticos, estratégias de projeto e zonas de conforto térmico humano.

**Figura 7.1: Mapas das Zonas Bioclimáticas Brasileiras**



Fonte: ABNT NBR 15.220-3 (2005)

De acordo com Caldas, Harbich e Hora (2020, p.18), por meio de um estudo para comparar o desempenho ambiental em um edifício contêiner em diferentes cidades (São Paulo, Brasília, Teresina e Rio de Janeiro), com zonas bioclimáticas distintas, chegaram à conclusão

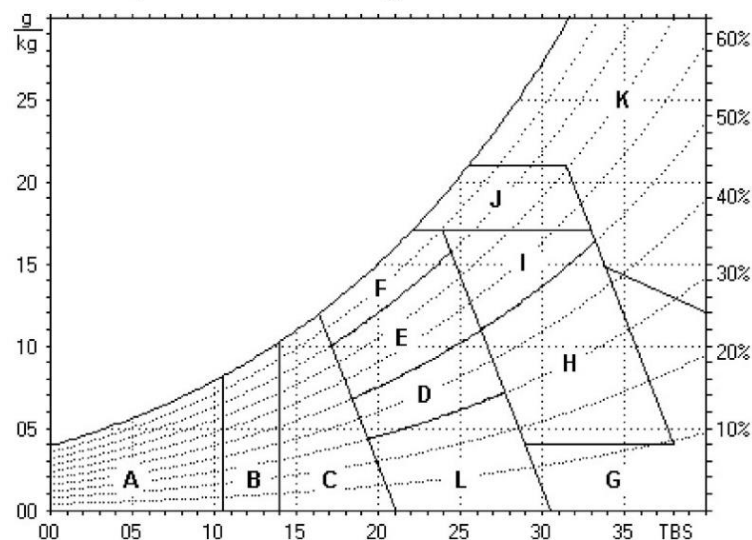


de que, em Teresina, teriam maior consumo de energia e maiores impactos ambientais, por ser uma cidade mais quente. Além disso, verificaram que para cada zona é necessário adaptar o projeto para aquele local, mas no geral o uso “sistema de *drywall* e isolante térmico interno foi a mais vantajosa nas categorias de impacto ambiental para todas as zonas bioclimáticas”, pois como o contêiner é feito de ferro e por isso absorve mais o calor, esse foi um fator decisivo a ser tratado.

Por diversas vezes o conforto das pessoas está vinculado ao consumo de energia, o que, conseqüentemente, leva a problemas ambientais. Existem normas e diretrizes que abordam temas de desempenho térmico e eficiência energética, entre elas pode-se destacar a NBR 15220, que possui a finalidade de recomendar sistemas construtivos e formas de construir por meio de materiais, observando o clima, posição do sol e vento, funcionalidade da construção, usuários e demais itens importantes para se obter uma construção sustentável e adequada ao clima (ABNT, 2005).

Na Figura 7.2, é representado as doze características apresentadas na Carta Bioclimática brasileira, a Letra E demonstra a Zona de Conforto das pessoas em um ambiente, nela a umidade do ar varia de 20% a 80% e a temperatura de 18° a 29°. No Quadro 7.1, pode ser verificado as 11 zonas e suas estratégias construtivas levando em consideração o seu clima, região, umidade do ar, temperatura.

**Figura 7.2: Carta Bioclimática**



Fonte: ABNT NBR 15.220-3 (2005)

**Quadro 7.1: Detalhamento das estratégias de condicionamento térmico**

<b>Tipo</b>	<b>Características</b>	<b>Estratégias</b>
<b>A</b>	Zona de aquecimento artificial (calefação)	O uso de aquecimento artificial será necessário para amenizar a eventual sensação de desconforto térmico por frio
<b>B</b>	Zona de aquecimento solar da edificação	A forma, a orientação e a implantação da edificação, além da correta orientação de superfícies envidraçadas, podem contribuir para otimizar o seu aquecimento no período frio, por meio da incidência de radiação solar. A cor externa dos componentes também desempenha papel importante no aquecimento dos ambientes, por meio do aproveitamento da radiação solar
<b>C</b>	Zona de massa térmica para aquecimento	A adoção de paredes internas pesadas pode contribuir para manter o interior da edificação aquecido.
<b>D</b>	Zona de Conforto Térmico (baixa umidade)	Caracteriza a zona de conforto térmico (a baixas umidades).
<b>E</b>	Zona de Conforto térmico	Caracteriza a zona de conforto térmico
<b>F</b>	Zona de desumidificação (renovação do ar)	As sensações térmicas são melhoradas por meio da desumidificação dos ambientes. Esta estratégia pode ser obtida por meio da renovação do ar interno por ar externo por meio da ventilação dos ambientes.
<b>G e H</b>	Zona de resfriamento evaporativo	Em regiões quentes e secas, a sensação térmica no período de verão pode ser amenizada por meio da evaporação da água. O resfriamento evaporativo pode ser obtido por meio do uso de vegetação, fontes de água ou outros recursos que permitam a evaporação da água diretamente no ambiente que se deseja resfriar
<b>H e I</b>	Zona de massa térmica de refrigeração	Temperaturas internas mais agradáveis também podem ser obtidas por meio do uso de paredes (externas e internas) e coberturas com maior massa térmica, de forma que o calor armazenado em seu interior durante o dia seja devolvido ao exterior durante a noite, quando as temperaturas externas diminuem
<b>I e J</b>	Zona de ventilação	A ventilação cruzada é obtida por meio da circulação de ar pelos ambientes da edificação. Isto significa que se o ambiente tem janelas em apenas uma fachada, a porta deve ser mantida aberta para permitir a ventilação cruzada. Também deve-se atentar para os ventos predominantes da região e para o entorno, pois o entorno pode alterar significativamente a direção dos ventos
<b>K</b>	Zona de refrigeração artificial	O uso de resfriamento artificial será necessário para amenizar a eventual sensação de desconforto térmico por calor
<b>L</b>	Zona de umidificação do ar	Nas situações em que a umidade relativa do ar for muito baixa e a temperatura do ar estiver entre 21°C e 30°C, a umidificação do ar proporcionará sensações térmicas mais agradáveis. Essa estratégia pode ser obtida por meio da utilização de recipientes com água e do controle da ventilação, pois esta é indesejável por eliminar o vapor proveniente de plantas e atividades domésticas

Fonte: ABNT NBR 15.220-3 (2005)

Um dos motivos da baixa eficiência energética em uma edificação se dá devido ao uso inapropriado de materiais utilizados na construção e estratégias arquitetônicas que não levaram em consideração as características físicas e climáticas do local, afetando diretamente o conforto térmico de seus usuários (TAVARES; LAMBERTS, 2004).

Conforme Correia e Barbirato (2013, p.2), “o estudo das variáveis climáticas e sua relação com a edificação é indispensável, pois possibilita o entendimento físico dos vários processos climáticos relacionados a edificação, interferindo positivamente nas decisões de projeto”.

No Quadro 7.2, constam as oito zonas bioclimáticas e suas respectivas diretrizes construtivas, divididas em quatro itens: Aberturas para ventilação; Sombreamento das aberturas; Vedações Externas e Estratégias com as estações do ano (Inverno e Verão). Fazendo uma comparação com as regiões do país: a Região Sul contempla a Zona 1, 2 e 3; Região Sudeste: Zonas 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 8; Região Norte: Zona 5, 7 e 8, Centro Oeste: Zonas 3, 4, 5, 6, 7 e 8; e Região Nordeste: Zonas 5, 6, 7 e 8.

**Quadro 7.2: Diretrizes construtivas para cada Zona Bioclimática**

<b>Zona bioclimática</b>	<b>Aberturas para ventilação</b>	<b>Sombreamento das aberturas</b>	<b>Vedações externas</b>	<b>Estratégias</b>
<b>Zona 01</b>	Médias	Permitir sol durante o período frio	Parede: leve Cobertura: leve isolada	Para inverno: Aquecimento solar da edificação e Vedações internas pesadas
<b>Zona 02</b>	Médias	Permitir sol durante o inverno	Parede: leve Cobertura: leve isolada	Verão: ventilação cruzada Para inverno: Aquecimento solar da edificação e Vedações internas pesadas
<b>Zona 03</b>	Médias	Permitir sol durante o inverno	Parede: Leve refletora Cobertura: Leve isolada	Verão: ventilação cruzada Para inverno: Aquecimento solar da edificação e Vedações internas pesadas
<b>Zona 04</b>	Médias	Sombrear aberturas	Parede: Pesada Cobertura: Leve isolada	Verão: Resfriamento evaporativo e massa térmica para resfriamento e ventilação seletiva Para inverno: Aquecimento solar da edificação e Vedações internas pesadas

<b>Zona 05</b>	Médias	Sombrear aberturas	Parede: Leve refletora Cobertura: Leve isolada	Verão: ventilação cruzada Para inverno: Vedações internas pesadas
<b>Zona 06</b>	Médias	Sombrear aberturas	Parede: Pesada Cobertura: Leve isolada	Verão: Resfriamento evaporativo e massa térmica para resfriamento e ventilação seletiva Para inverno: Vedações internas pesadas
<b>Zona 07</b>	Pequenas	Sombrear aberturas	Parede: Pesada Cobertura: Pesada	Verão: Resfriamento evaporativo e massa térmica para resfriamento e ventilação seletiva
<b>Zona 08</b>	Grandes	Sombrear aberturas	Parede: Leve refletora Cobertura: Leve refletora	Ventilação cruzada permanente

Fonte: ABNT NBR 15.220-3 (2005)

Martins, Bittencourt e Krause (2012, p. 73) realizaram um estudo sobre duas cidades no Nordeste brasileiro com duas zonas distintas, Zona 07 e Zona 08, com a finalidade de analisar se o que é sugerido na ABNT NBR 15.220-3 de 2005 é eficaz para os climas dessas regiões. Concluindo que há a necessidade de criar subzonas ou zonas de transição, pois citando como exemplo a cidade de Pão de Açúcar-AL, ela está na ZB-7 e ZB-8, porém durante quatro meses do ano apresentam características de clima quente e úmido, os autores recomendam “criação de zonas bioclimáticas compostas que contemplem diretrizes híbridas de projeto mais adequadas para a combinação de fatores climáticos regionais”.

Em estudo realizado na cidade de Catalão-GO, situado na zona Bioclimática 6, verificou-se que a utilização de materiais de vedação como “blocos cerâmicos de 11,5 cm x 19,0 cm x 29,0 cm e coberturas de telhas de cimento e lajes pré-moldadas TG 8, com enchimento de EPS”, atendem os requisitos mínimos para a zona que está inserido. Observou-se que, após a definição da zona bioclimática da cidade, foi possível tomar as decisões com base na carta solar, direção do vento, propor fachadas que possibilitem a entrada do vento e sol, além de conter, quando necessário, o sol em demasia por meio de brises e tamanho de esquadrias, especificando os materiais, coberturas e propor também estratégias para condicionamento de ar (BORGES; SARMENTO; CARVALHO, 2018).

**Quadro 7.3: Comparativo entre Zonas Bioclimáticas e certificações ambientais para construções**

<b>ZONA BIOCLIMÁTICA</b>	<b>GBC CASA BRASIL</b>	<b>PBE EDIFICA RESIDENCIAL</b>
Zona 01	1. Orientações de Arquitetura Bioclimática (pré-requisito obrigatório, implantação): - Análise da orientação e implantação do projeto no terreno; - Estudo de insolação (carta solar); e - Manual de Operação, Uso e Manutenção: entregue aos moradores. 2. Desempenho aprimorado da envoltória: - Atender nível A ou B de eficiência na ENCE, de acordo com a PBE Edifica. 3. Desempenho térmico: - Níveis adequados de desempenho térmico de ventilação natural (sem ar-condicionado), de acordo com a NBR 15.220-3/2005. 4. Créditos Regionais	1. Pré-requisitos da envoltória; - Aquecimento - Resfriamento 2. Ventilação natural 3. Iluminação natural 4. Sombreamento
Zona 02		
Zona 03		
Zona 04		
Zona 05		
Zona 06		
Zona 07		
Zona 08		

Fonte: ABNT NBR 15.220-3 (2005), GBC BRASIL (2017) e INMETRO (2012)

A Etiquetagem PBE Edifica possui como uma das normas norteadoras para o seu programa a NBR 15.220-3/2005, classificando como Zona Bioclimática “Região geográfica homogênea quanto aos elementos climáticos que interferem nas relações entre ambiente construído e conforto humano de acordo com a NBR 15220-3” (INMETRO, 2012, p.15). Na etiquetagem para residenciais são trabalhados requisitos de acordo com a Zona Bioclimática de cada região, como: Envoltória para aquecimento e resfriamento, observando a transmitância e capacidade térmica, absorvância das superfícies externas como paredes e coberturas; Ventilação natural e iluminação natural, por meio do percentual de áreas mínimas de abertura para ventilação e iluminação, ventilação cruzada; e por fim Sombreamento das aberturas que terão permanência prolongada, por meio de venezianas, persianas, brises, cobogós. Todas as oito zonas bioclimáticas possuem cálculos e especificações construtivas adequadas para a sua zona (INMETRO, 2012).

No GBC Casa Brasil pode-se distribuir em quatro critérios que possuem a finalidade de atender a NBR 15.220-3/2005- Zonas Bioclimáticas (GBC BRASIL, 2017):

- Orientações de Arquitetura Bioclimática, é um dos pré-requisitos obrigatórios contidos na Implantação, item que deve ser atendido ainda na fase de projeto, possuindo o objetivo de realizar estudos de insolação e orientação do projeto, visando que as decisões sejam tomadas levando em consideração a sua funcionalidade e local;

- Desempenho Aprimorado da Envoltória, item contido na Energia e Atmosfera na fase de projeto, objetivando determinar a eficiência da residência, devendo atender ao nível A ou B da ENCE geral de acordo com a normativa da PBE Edifica, atendendo o nível A são 2 pontos, nível B corresponde a 1 ponto;

- Desempenho Térmico, atendido em fase de projeto, está contido na Qualidade Ambiental Interna, promove a ventilação natural da residência, de acordo com cada uma das oito zonas bioclimáticas, deve atender também uma das duas normas brasileiras, a NBR 15575-1 para nível intermediário ou NBR 15575-1, para nível superior, contabilizando dois ou três pontos, respectivamente; e

- E por fim, os Créditos Regionais, atendidos na fase de obra, subdivididos nas cinco regiões do Brasil, pois cada localidade influencia nas decisões projetuais, para isso foi estabelecido uma lista de prioridades para cada região com critérios já cobrados nessa certificação, como consta a Tabela 7.1.

**Tabela 7.1: Critérios regionais do GBC Casa Brasil**

<b>CRÉDITOS REGIONAIS</b>	
Região Norte	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Localização Preferencialmente Desenvolvida</li> <li>-Uso Eficiente da Água – Otimizado</li> <li>-Desempenho Aprimorado da Envoltória</li> <li>-Gerenciamento de Resíduos da Construção</li> <li>-Madeira Certificada</li> <li>-Rotulagem Ambiental Tipo II - Materiais Ambientalmente</li> <li>-Controle de Umidade Local</li> <li>-Boas Práticas Sociais para Projeto e Obra</li> </ul>
Região Nordeste	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Paisagismo</li> <li>-Uso Eficiente da Água</li> <li>-Medição Setorizada do Consumo da Água</li> <li>-Sistemas de Irrigação Eficiente</li> <li>-Desempenho Aprimorado da Envoltória</li> <li>-Energia Renovável</li> <li>-Gerenciamento de Resíduos da Construção</li> <li>-Rotulagem Ambiental Tipo II - Materiais Ambientalmente preferíveis</li> </ul>
Região Sul	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Proximidade a Recursos Comunitários e Transporte Público</li> <li>-Redução de Ilha de Calor</li> <li>-Controle e Gerenciamento de Águas Pluviais</li> <li>- Medição Setorizada do Consumo de Água</li> <li>- Desempenho Aprimorado da Envoltória</li> <li>- Fontes Eficientes de Aquecimento Solar - Energia Renovável</li> <li>-Madeira Certificada</li> </ul>
Região Sudeste	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Proximidade a Recursos Comunitários e Transporte Público</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Redução de Ilha de Calor</li> <li>-Controle e Gerenciamento de Águas Pluviais</li> <li>-Medição Setorizada do Consumo de Água</li> <li>-Desempenho Aprimorado da Envoltória</li> <li>-Madeira Certificada</li> <li>-Controle de Partículas Contaminantes</li> <li>-Materiais de Baixa Emissão</li> </ul>
Região Centro-Oeste	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Localização Preferencialmente Desenvolvida</li> <li>-Paisagismo</li> <li>-Sistemas de Irrigação Eficiente</li> <li>-Desempenho Aprimorado da Envoltória</li> <li>-Rotulagem Ambiental Tipo II - Materiais Ambientalmente preferíveis</li> <li>-Controle de Umidade Local</li> <li>-Controle de Partículas Contaminantes</li> <li>-Boas Práticas Sociais para Projeto e Obra</li> </ul>

Fonte: GBC BRASIL (2017)

Os critérios regionais atuam nas três cadeias do desenvolvimento sustentável, por meio de incentivar o crescimento, uso das cadeias produtivas locais e o uso da mão de obra local em prol da construção.

O desconforto térmico pode causar diversos prejuízos aos usuários como desconcentração ou irritabilidade. Para evitar esses desconfortos proporcionados pelo frio ou calor excessivo, por exemplo, as construções devem levar em consideração a localidade que o projeto será executado e qual função irá exercer quando construído, para que seja executado pensando em materiais e técnicas construtivas próprias para cada ambiente (HUANG *et al.*, 2015).

Russi *et al.* (2012) verificaram por meio de pesquisa para edificações unifamiliares de interesse social, nas zonas bioclimáticas 1, 2 e 3, que as melhores estratégias para obtenção do conforto térmico são: aquecimento solar de água para consumo, aquecimento e resfriamento do ar por meio de aparelhos inverter, uso de materiais reciclado ou de baixo custo para tornar a residência acessível e sustentável, uso de captação de água da chuva pelo telhado, medidas essas que podem baratear a conta de energia e água dos usuários.

Segundo Keeler e Burke (2010), construções sustentáveis deixam um grande legado de design. É possível mencionar muitos edifícios que foram considerados bem projetados, porque seu projeto foi adaptado ao clima regional. Fazer uso eficaz de materiais de construção disponíveis e técnicos comprovadas garante um bom nível de conforto, além de economia na obra e no seu uso.

Shun (2010), menciona a importância de ser feito um estudo da carta solar na fase de projeto, para que seja verificado as posições do sol e antecipar futuros brises, além de ajudar na

distribuição dos cômodos, a orientação da construção em relação as questões climáticas é fundamental para prever as variações de temperatura nos ambientes. Assim como, Alwetaishi *et al.* (2017), cujos estudos relatam que uma edificação que passa por um estudo de orientação climática, pode reduzir até 20% do consumo de energia, o autor destaca que isso deveria ser obrigatório a todo projeto arquitetônico.

Alinhar as edificações habitacionais com as normas brasileiras voltadas para o local de intervenção e de seus usuários, contempla benefícios para a qualidade da edificação e desempenho (STUCHI; BARROS, 2022). A arquitetura bioclimática por meio de suas técnicas aplicadas em projeto, permite que seja alcançado uma maior eficiência energética nos ambientes.

Além do uso da arquitetura bioclimática nos projetos, pode-se utilizar outros instrumentos para alcançar a construção sustentável, como as certificações ambientais em edificações. Podendo elas serem obrigatórias ou voluntárias, são relevantes para a disseminação e comprovação que determinado empreendimento atende aos requisitos pré-estabelecidos de acordo com cada programa de certificação. Os autores também destacam a importância de abordar assuntos sociais, pois a sustentabilidade relata temas além da área ambiental (BARROS, 2012).

Segundo Herzer e Ferreira (2016), as certificações para as construções sustentáveis se tornaram crescentes, devido à preocupação dos significativos danos causados ao meio ambiente. Elas atestam a sustentabilidade da edificação por meio de guias, manuais e referenciais teóricos disponibilizados pelo órgão avaliador do programa. Em termos gerais são avaliadas três vertentes: econômica, social e ambiental, podendo variar de certificadora para certificadora.

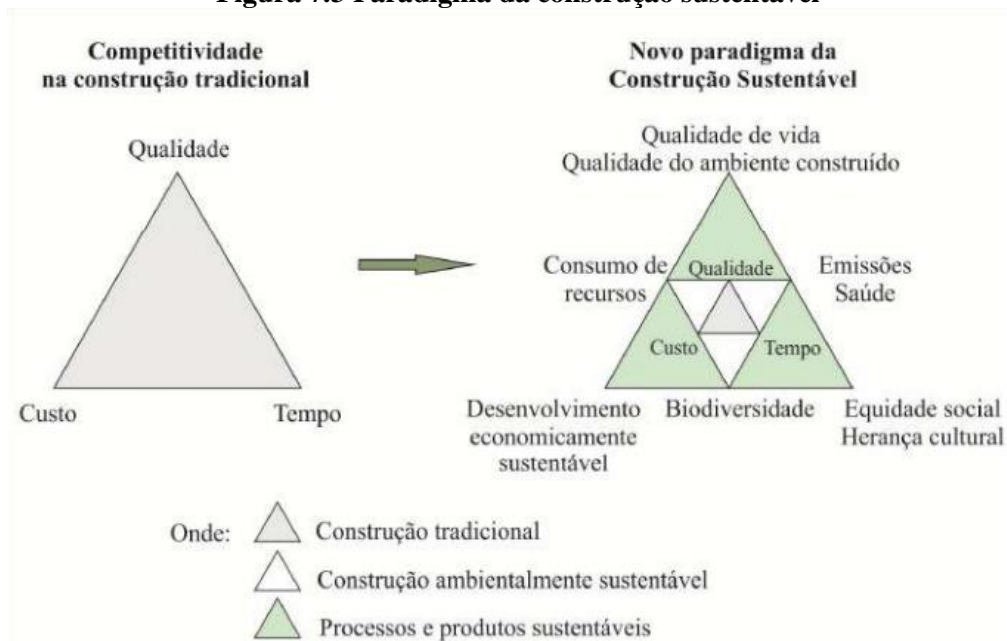
Além de mensurar, avaliar e contribuir para a sustentabilidade das edificações, as certificações colaboram para que as metas almejadas na Agenda 2030 sejam alcançadas. Apesar do número de construções certificadas ainda ser pequeno em relação a quantidade de obras que são realizadas todos os dias, já é uma mudança na maneira de projetar e construir, com um olhar para o futuro e para os danos que podem ser evitados (NUNES, 2018).

Se faz necessário o uso de práticas sustentáveis e ferramentas que promovam a eficiência energética nas edificações, as certificações elas surgem para guiar o setor por meio das iniciativas sustentáveis (MESQUITA; MEDEIROS, 2018). De acordo com Girod, Stucki e Woerter (2017), distintos países tem feito investimentos no setor de energia elétrica com o objetivo de promover a eficiência energética por meio de normas, incentivos fiscais, leis e marketing.



A construção civil tradicional parte de três pilares: qualidade, custo e tempo, enquanto a construção sustentável observa esses três pilares, só que mais abrangente: qualidade de vida, qualidade do ambiente construído, desenvolvimento economicamente sustentável, equidade social e herança cultural, biodiversidade, emissões de saúde, consumo de recursos, como é observado na Fig. 7.3. A construção sustentável surge como forma de mitigar os danos que as obras causam no meio ambiente.

**Figura 7.3 Paradigma da construção sustentável**



Fonte: Cosentino (2017)

Com esse novo paradigma, a construção com princípios sustentáveis traz consigo os processos, materiais, produtos, inovação, tecnologia, arquitetura vernacular, equipe multidisciplinar, estudos relacionados ao impacto da implantação da edificação naquele terreno e ao seu redor, estudo dos ventos, sol e chuva. Todos esses pontos buscando preservar o meio ambiente e ao mesmo tempo proporcionando conforto e suprindo as necessidades dos seus usuários. Sem a aplicabilidade desses critérios de sustentabilidade nas construções, há um desperdício de materiais e uma baixa produtividade nos canteiros de obras.

Segundo Soleymanpour, Parsae e Banaei (2015), as edificações promovem bem-estar e satisfação aos seres humanos, e para que isso seja concretizado é necessário que, durante a sua construção, seja observado o conforto térmico dos seus futuros usuários.

Dessa forma, quando se é observado ainda na fase de projeto as particularidades da edificação, como a sua função, usuários, conforto térmico/acústico, ergonomia, técnicas construtivas eficientes, inovação, zona bioclimática, a construção passa por um planejamento e

com isso gera uma obra mais econômica, rápida e limpa, e um pós-obra eficiente, devido ter sido construído com técnicas/princípios sustentáveis.

#### **7.4 Considerações Finais**

Perante o estágio atual das fontes de energia elétrica, tornou-se primordial a realização de projetos arquitetônicos que visassem construções compatíveis com as suas características climáticas. As construções, cada vez mais, devem levar em consideração como fatores preponderantes a sua localização, ventos, tipo de construção, função, conforto térmico/acústico, materiais, entre outros pontos para que haja uma harmonização entre a edificação e as questões bioclimáticas.

Por meio da NBR de 2005 sobre Zoneamento Bioclimático Brasileiro, houve instrução norteadora para as futuras construções e reformas de todos os tipos, independente do fato dessa norma ter sido criada com foco nas habitações unifamiliares de interesse social, ela é referência para as distintas construções, que almejam construções sustentáveis com conforto térmico, eficiência energética e que buscam programas certificadores para as suas edificações.

É por essa razão que a Norma de Zoneamento Bioclimático Brasileiro está dividida em oito zonas, para que as suas características climáticas sejam observadas e facilite a escolha dos materiais, concepção projetual, obra e edificação já construídas, pois ela garante o desempenho térmico mínimo por meio de sistemas construtivos adequados para cada localidade.

Aliados ao zoneamento bioclimáticos, as certificações e a aplicabilidade dos princípios da sustentabilidade nas residências, permitem que as edificações reduzam gastos com materiais, promove a eficiência no canteiro de obra e no dia a dia, eficiência energética, redução dos custos, reaproveitamento/reciclagem dos materiais, por meio de estudos na fase de projeto, viabilizando uma economia e uma melhor vida útil do prédio sustentável.

Assim, à medida que os projetos começam a ser planejados, há um ganho econômico, social e ambiental, por meio da redução dos gastos, devido a priorização da utilização de mão de obra e material local, estudo da implantação no terreno, permitindo o uso da ventilação e iluminação natural, evitando o uso desnecessário de condicionamento de ar e iluminação artificial, podendo ser utilizada energia renovável (solar ou eólica). Planejamento e estudos que fornecerão amparo para as decisões dos projetistas, visando o conforto, eficiência e custo-benefício para os usuários e construtor.

## 7.5 Referências

ABNT- Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 15.220-3: Desempenho térmico de edificações Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social.** Rio de Janeiro-RJ, p30, 2005.

ABNT- Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 15.575-1: Edificações habitacionais — Desempenho Parte 1: Requisitos gerais.** Rio de Janeiro-RJ, p71, 2013.

AGOPYAN, V; JOHN, V. M. **O desafio da sustentabilidade na construção civil.** Org. José Goldemberg. São Paulo: Bucher, 2011.

ALWETAISHI, M.; ALZAED, A.; SONETTI, G.; SHRAHILY, R.; JALIL, L. Investigation of school building microclimate using advanced energy equipment: Case study. **Environmental Engineering Research.** n°23, v 1, jul. 2018. p.10-20.

AMARAL, T. G.; HORA, K. E. R.; CARVALHO, R. R.; MORAES, P. O. I. Certificação ambiental: sustentabilidade ou marketing? In: Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 14., 2012, Juiz de Fora. **Anais...** Juiz de Fora: ANTAC, 2012. p. 282-291.

BARBIRATO, G. M.; SOUZA, L. C.L.; TORRER, S.C. **Clima e cidade: a abordagem climática como subsídio para estudos urbanos.** 2° ed. Maceió-AL, EDUFAL, 2016, 201p.

BARROS, A.D.M. **A Adoção de Sistemas de Avaliação Ambiental de Edifícios (LEED e Processo AQUA) no Brasil: motivações, benefícios e dificuldades.** 2012. 203 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2012.

BECCALI, M.; STRAZZERI, V.; GERMANÀ, M.L.; MELLUSO, V.; GALATIOTO, A. Vernacular and bioclimatic architecture and indoor thermal comfort implications in hot-humid climates: An overview. **Renewable and Sustainable Energy Reviews.** v. 82, Part 2, February 2018, P.1726-1736.

BOGO, A.; PITROBON, C.E; BARBOSA, MJ.; GOULART, S.; PITTA, T.; LAMBERTZ, R. **Bioclimatologia aplicada ao projeto de edificações visando o conforto térmico.** Relatório. Santa Catarina, Universidade Federal de Santa Catarina, Núcleo de Pesquisa em Construção. p. 83,1994. Disponível em: [https://labeee.ufsc.br/sites/default/files/publicacoes/relatorios\\_pesquisa/RP\\_Bioclimatologia.pdf](https://labeee.ufsc.br/sites/default/files/publicacoes/relatorios_pesquisa/RP_Bioclimatologia.pdf). Acesso em: 18 mar. 2022.

BROGES, D. A.; SARMENTO, A. P.; CARVALHO, G. B. CARVALHO, G. B. Projeto arquitetônico para a cidade de Catalão/GO: diretrizes para a Zona Bioclimática 6. **REEC – Revista Eletrônica de Engenharia Civil.** Vol. 14; n° 1; p. 142-158, 2018.

CALDAS, L. R.; HARBICH, L. V. A.; HORA, K. E. R. Avaliação ambiental de alternativas construtivas de um edifício contêiner. **PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção,** v. 11, p. 1-21, 29 jun. 2020

CORBELLA, O.; CORNER, V. N. **Manual de arquitetura bioclimática tropical. Para a redução de consumo energético.** Rio de Janeiro-RJ: 1 Edição. Editora Revan, 2011. p.111

CORREIA, W. F. B.; BARBIRATO, G. M. **Arquitetura e clima no contexto do semiárido nordestino: Respostas construtivas com vistas ao conforto térmico e eficiência energética.** In: Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído, 12. Brasília, 2013.

COSENTINO, L. T. **Sustentabilidade na construção civil: Proposta de diretrizes baseadas nos selos de certificação ambiental.** 2017. 132f. Dissertação (Mestrado Acadêmico em Ambiente Construído) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Faculdade de Engenharia. Programa de Pós-graduação em Ambiente Construído, 2017.

COSTA, E. D.; MOARES, C. S. B. Construção civil e a certificação ambiental: análise comparativa das certificações LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design*) e AQUA (Alta Qualidade Ambiental). **Revista Engenharia Ambiental**, Espírito Santo do Pinhal, v.10, n.3, p.160-169, 2013.

CUSTÓDIO, I. M.; DAVID, P. L. D.; BARATA, T. Q. F. Sustentabilidade a partir do uso de selos de certificação ambiental em empreendimentos de Habitação Social. **Revista Científica ANAP Brasil**, v. 14, n° 35, 2021.

EL-DARWISH, I.; GOMAA, M. Retrofitting strategy for building envelopes to achieve energy efficiency. **Alexandria Engineering Journal**. n° 56, p. 579 –589, 2017.

ELETROBRÁS. Introdução ao Programa Brasileiro de Etiquetagem de Edificações. **Eletrobrás/Procel Edifica, Inmetro e CB3E/UFSC**. Rio de Janeiro-RJ, set. 2013. Disponível em: <https://www.pbefedifica.com.br/sobre>. Acesso em: 02 ago. 2022

GBC BRASIL. **Certificação GBC Brasil Casa: Glossário**. Green Building Council Brasil. Barueri-SP. 2017, 22p.

GBC BRASIL. **Guia Rápido: Certificação GBC Brasil Casa**. Green Building Council Brasil. Barueri-SP. 2017, 119p.

GIROD, B., STUCKI, T., & WOERTER, M. How do policies for efficient energy use in the household sector induce energy-efficiency innovation? An evaluation of European countries. **Energy Policy**, n°103, p.223–237, 2017.

HERZER, L. A.; FERREIRA, R. L. Construções sustentáveis no Brasil: um panorama referente às certificações ambientais para edificações LEED e AQUA-HQE. **Caderno Meio Ambiente e Sustentabilidade**, v.8. n.5 ,2016

HUANG, K. T., HUANG, W. P., LIN, T. P., HWANG, R. L. Implementation of green building specification credits for better thermal conditos in naturally ventilated school buildings. **Building and Environment**, v. 86, p. 141-150, 2015.

INMETRO. Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial. **Portaria n.º 18, de 16 de janeiro de 2012**. Regulamento técnico da qualidade para o nível de eficiência energética edificações residenciais. 2012. Disponível em: <http://www.inmetro.gov.br/legislacao/rtac/pdf/rtac001788.pdf>. Acesso em: 02 ago. 2022

JOHN, V. M. **Reciclagem de resíduos na construção civil: Contribuição para metodologia de pesquisa e desenvolvimento**. São Paulo, 2000. 113p. Tese (Livre Docência)

– Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Construção Civil.

KEELER, M.; BURKE, B. **Fundamentos de projeto de edificações sustentáveis**. Tradução de Alexandre Salvaterra. Porto Alegre: Bookman, 2010

KOENIGSBERGER, O.; INGERSOLL, T.G; MAYHEW, A.; SZOKOLAY, S.V. **Viviendas y edificios en zonas cálidas y tropicales**. Traduzido por Emilio Romero Ros. 1° ed. Zaragoza: Prainfo, 1977, 328p.

KRELLING Influência de parâmetros construtivos na eficiência energética de uma edificação – análise através de simulação computacional

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. O. R.; **Eficiência energética na arquitetura**. São Paulo-SP: 3° Edição. Editora: Eletrobrás/Procel, 2014. p. 284

MARTINS, T. A. L; BITTENCOURT, L. S.; KRAUSE, C.M. L. B. Contribuição ao zoneamento bioclimático brasileiro: reflexões sobre o semiárido nordestino. **Ambiente Construído**, Porto Alegre-RS, v.12, n°2, p.59-79, 2012.

MELLO, M.F; SANTOS, E. V.; DORNELES, R. L.; COSTA, G. T.; ROSA, L.; DIAS, E. K. A importância de estratégias bioclimáticas aplicadas no projeto arquitetônico. **Revista de Administração da Universidade Federal de Santa Maria**, vol. 10, p. 9-25, 2017.

MESQUITA, G. M.; MEDEIROS, M. D. A certificação LEED como uma ferramenta norteadora da sustentabilidade na construção civil. **Revista eletrônica de educação da Faculdade Araguaia**, v.13, N° 1, p.97-106, 2018.

MEULAM, J. C. O.; TONIETTO, T.; SANTOS, R. F.; SIQUEIRA, J. A. C. Os conceitos da arquitetura bioclimática e sua relação com a eficiência energética nas edificações. **International journal of environmental resilience research and science - IJERRS**. n°1, v.2, p.96-108, 2020.

BRASIL.Ministério de Minas e Energia. **Projete: Glossário Zoneamento Bioclimático brasileiro**. 2022. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/projete/glossario/zoneamento-bioclimatico-brasileiro/>. Acesso em: 18 mar. 2022.

NASCIMENTO, J. M. A.; SACHT, H. M. Estratégias bioclimáticas para edifícios destinados ao clima da cidade de Araras-SP. **Revista UNAR**, v.7, n°2, p.1-14, 2013.

NUNES, M. F. Análise da contribuição das certificações ambientais aos desafios da Agenda 2030. **Revista Internacional de Ciências**, v. 08, n. 01, p. 27-46, jan-jun, 2018.

RUSSI, M.; VETTORAZZI, E.; SANTOS, J. C. P.; ZÓFOLI, G. R.; SOARES, R. M. S. Estratégias construtivas na busca de conforto térmico e eficiência energética em edificações unifamiliares de interesse social nas zonas bioclimáticas 1, 2 e 3 brasileiras. **Revista de Arquitetura da IMED**, v. 1, n.2, p.113-121. 2012.

SHUN, L. T. **Effects of building orientation on the residential property price: an empirical study in telford garden**. 2010. 83p. Tese (Bachelor of Science in Surveying) -The University of Hong Kong. China, 2010.

SILVEIRA, F. M. **Análise do desempenho térmico de edificações residenciais ventiladas naturalmente: NBR 15575 E ASHRAE 55**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Estadual de Campinas: Campinas, 2014. 240 p.

SOLEYMANPOUR, R.; PARSAEE, N.; BANAEI, M. Climate Comfort Comparison of Vernacular and Contemporary Houses of Iran. **Procedia –Social and Behavioral Sciences**, v.201, p. 49-61, 2015.

STUCHI, P. V. S.; BARROS, R. R. M. P. Desempenho térmico e lumínico no projeto da habitação social em Indaiatuba, SP: estudos de caso. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v.8, n.2, p.10972-10989,2022.

TAVARES, S. F.; LAMBERTS, R. Estudos comparativos sobre consumo energético no ciclo de vida de edificações residenciais do Brasil, Austrália e Suécia. In: I Conferência Latino-Americana de Construção Sustentável e X Encontro Nacional de Tecnologia no Ambiente Construído – ENTAC. **Anais...**São Paulo-SP. Jul. 2004.

VIEIRA, L. A.; BARROS FILHO, M. N. M. A emergência do conceito de Arquitetura Sustentável e os métodos de avaliação do desempenho ambiental de edificações. **Humanae**, v.1, n.3, p. 1-26, Dez. 2009.

## 8 CONCLUSÃO

Os programas de certificações estudadas nessa dissertação incentivam o uso eficiente da energia elétrica em seus projetos, por exemplo: placas solares, geradores eólicos, sensores nas lâmpadas, uso da iluminação e ventilação natural, painéis para aquecimento da água, materiais construtivos que evitem a absorção de calor ou do frio, evitando o uso de condicionadores artificiais.

O percentual de empreendimentos certificados, ainda, é menor em relação à quantidade de construções que surgem todos os dias, mas o olhar de como se projetar, construir e utilizar a partir das certificações contempla pontos e estratégias importantes para projetos sustentáveis. Entre os benefícios dos edifícios verdes, pode-se destacar a economia de água, energia e redução das emissões de poluentes, alta produtividade, além de eficiência no desempenho dos edifícios em relação aos convencionais.

Os projetos de arquitetura contemplam as atividades cotidianas dos seres humanos, Apesar disso, os aspectos culturais dos usuários não foram enfatizados. Somente quando se coloca os aspectos culturais se encontra também o momento de explorar a educação ambiental para uma arquitetura sustentável. sejam em seus trabalhos, lazers ou residências, para isso se faz necessário pensar e repensar cada ambiente proporcionando qualidade de vida, saúde, e os distintos confortos que uma edificação pode proporcionar, sobretudo o conforto térmico. Esse tipo de arquitetura, como aquela que leva em consideração o clima, topografia, sol, vento, vegetação, localização e demais aspectos para que no desenho arquitetônico possa ser aproveitado as condições naturais e estabelecer propostas adequadas de conforto para os ambientes.

Análise realizada nos programas: certificação GBC Brasil Casa e a etiquetagem PBE Edifica, verificou-se que a certificação GBC Brasil é mais complexa e abrange mais critérios que a PBE Edifica, pois enquanto a etiquetagem o seu foco é etiquetar edificação no quesito energético unicamente, a certificação analisa parâmetros da edificação como um todo, da elaboração do projeto, obra, implantação, em torno, aspectos sociais e regionais, e no dia a dia quando a edificação já está com os seus usuários, exercendo a sua função para qual foi construído.

O LEED, GBC Brasil Casa e PBE Edifica Unifamiliar na categoria de eficiência energética, compartilham um foco comum em estratégias de design passivo para reduzir a demanda de energia com base na orientação solar. ventilação e luz natural tendo em conta a zona bioclimática do projeto. Além de utilizarem de outros critérios, como o uso de luminárias e luminárias eficientes, reduzindo os custos de energia para esquentamento ou resfriamento de

água e ar, e monitoramento de energia. Eles medem o desempenho energético de diferentes sistemas prediais por meio de simulação computacional de seu consumo anual para reduzi-lo por meio de decisões estratégicas ainda em fase de projeto. GBC Brasil Casa incentivam o projeto a atender aos parâmetros do selo de eficiência energética PBE Edifica.

Verificou-se, também, que até o ano de 2020 a região Sudeste, em especial o estado de São Paulo teve 4.373 certificações emitidas no LEED e no PBE Edifica juntos, sendo que a região Sudeste como um toda emitiu 4.510 certificações/etiquetas até 2020, com isso a região que mais se destacou. A quantidade de certificações emitidas sem o correspondente total de edificações traz um efeito enganador sobre a utilização de certificações. E as regiões com menor emissões foram Norte, Nordeste e Centro Oeste, possuindo estados como Amazonas, Acre, Bahia, entre outros, que não dispõem de nenhuma certificação emitida.

Aliados ao zoneamento bioclimáticos, as certificações e a aplicabilidade dos princípios da sustentabilidade nas residências, permitem que as edificações reduzam gastos com materiais, promove a eficiência no canteiro de obra e no dia a dia, eficiência energética, redução dos custos, reaproveitamento/reciclagem dos materiais, por meio de estudos na fase de projeto, viabilizando uma economia e uma melhor vida útil do prédio sustentável.

Assim, foi possível verificar que as certificações sustentáveis para edificações são de grande relevância para a diminuição do consumo energético no Brasil, contribuem com a mitigação/redução dos danos ao meio ambiente, porque à medida que são aplicados os parâmetros almejando a eficiência energética de seus empreendimentos e concomitantemente à uma diminuição no consumo de energia elétrica. E que à medida que os projetos começam a ser planejados, há um ganho econômico, social e ambiental, por meio da redução dos gastos, devido a priorização da utilização de mão de obra e material local, estudo da implantação no terreno, permitindo o uso da ventilação e iluminação natural, evitando o uso desnecessário de condicionamento de ar e iluminação artificial, podendo ser utilizada energia renovável (solar ou eólica).



## REFERÊNCIAS

ABRAHÃO, K. C. F.J.; SOUZA, R. G. V. Estimativa da evolução do uso final de energia elétrica no setor residencial do Brasil por região geográfica. **Ambiente construído**, Porto Alegre-RS, v. 21, n. 2, p. 383-408, abr./jun. 2021.

ABRAINCO. Associação Brasileira de Incorporações Imobiliárias. **Comportamento do consumidor de imóveis em 2020**. Deloitte. 2019. Disponível em: <https://www.abrainco.org.br/wp-content/uploads/2019/09/Abrainc-Pesquisa-v10.pdf>. Acesso em: 01 out. 2021.

ALBRECHT, C. F. International transdisciplinary approach to sustainability research related to place: sustainable, affordable homes and ecosystem services in the U.S. and Brazil. In: LEAL FILHO, W.; TORTATO, U.; FRANKENBERGER, F. (ed.). **Universities and sustainable communities: meeting the goals of the agenda 2030**. Cham: Springer, 2020. World Sustainability Series.

ALTOÉ, L.; COSTA, J. M., OLIVEIRA FILHO, D., MARTINEZ, F. J. R., FERRAREZ, A. H., VIANA, L. A. Políticas públicas de incentivo à eficiência energética. **Estudos Avançados**. p. 285-297. v. 31, n. 89, 2017.

ALTOS, A. M. S. P. Política urbana no Brasil: a difícil regulação de uma urbanização periférica. **Geo UERJ**. Rio de Janeiro-RJ. n. 36, e47268, 2020 |DOI: 10.12957/geouerj.2020.

ALVES, J. E. D. **O Paradoxo de Jevons e a questão da eficiência**. EcoDebate, 2011. Disponível: <https://www.ecodebate.com.br/2012/02/29/o-paradoxo-de-jevons-e-a-questao-da-eficiencia-artigo-de-jose-eustaquio-diniz-alves/>. Acesso em: 11 ago. 2022

AMADEI, D. I. B. **Avaliação de blocos de concreto para pavimentação produzidos com resíduos de construção e demolição do município de Juranda-PR**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) –Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2011

ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. **Capacidade de Geração do Brasil**. 2021. Disponível em: <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiNjc4OGYyYjQtYWM2ZC00YjllLWJlYmEtYzdkNTQ1MTc1NjM2IiwidCI6IjQwZDZmOWI4LWVjYTctNDZhMi05MmQ0LWVhNGU5YzAxNzBIMSIsImMiOiR9>. Acesso em: 26 jun. 2021.

ARAÚJO, J. K. T.; XAVIER, M.A.P.; SOBRINHO JUNIOR, A. S.; ROCHA, R. A. S.; CARVALHO, V. I.M; RODRIGUES, R.M. Avaliação de práticas sustentáveis nas construtoras brasileiras: uma revisão da literatura. **InterScientia**, v. 4, n. 1, p. 46-52, 2016.

ASBEA. Associação Brasileira dos Escritórios de Arquitetura (Brasil). Câmara Brasileira do Livro. **Guia de Sustentabilidade na Arquitetura: Diretrizes de Escopo para Projetistas e Contratantes**. São Paulo-SP: Prata Design, 2012.

BANCO CENTRAL DO BRASIL. **Histórico de taxa de juros**. Disponível em: <https://www.bcb.gov.br/controleinflacao/historicotaxasjuros>. Acesso em: 25 dez. 2021.

BARBOSA, A. M.; FRANCO, I. M.; MARTORANO, L. G.; TOURNE, D. C. M. Arquitetura vernacular sustentável em área legalmente protegida: unidade pedagógica na APA da Ilha do Combú, Pará. **Cadernos de Arquitetura e Urbanismo**, Paranoá. N°28, p.1.17, 2020.

BRASIL. **Boletim mensal sobre os subsídios da União – Programa Minha Casa Minha Vida**. Ministério da Economia, Edição 10, agosto de 2019. Disponível em: <http://www.economia.gov.br/central-deconteudos/publicacoes/boletim-subsidios/arquivos/2019/boletim-mensal-sobre-os-subsidios-da-uniao-2013-programa-minha-casa-minha-vida-edicao-10.pdf>. Acesso em: 25 dez. 2021.

BRASIL. **Lei nº 8.987, de 13 de fevereiro de 1995**. Brasília-DF. 1995. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/18987compilada.htm#:~:text=LEI%20N%C2%BA%208.987%2C%20DE%2013%20DE%20FEVEREIRO%20DE%201995.&text=Disp%C3%B5e%20sobre%20o%20regime%20de,Federal%2C%20e%20d%C3%A1%20outras%20provid%C3%Aancias](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/18987compilada.htm#:~:text=LEI%20N%C2%BA%208.987%2C%20DE%2013%20DE%20FEVEREIRO%20DE%201995.&text=Disp%C3%B5e%20sobre%20o%20regime%20de,Federal%2C%20e%20d%C3%A1%20outras%20provid%C3%Aancias). Acesso em: 29 jul. 2022

BRASIL. **Lei nº 9.074, de 7 de julho de 1995**. Brasília-DF. 1995. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/19074cons.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19074cons.htm). Acesso em: 29 jul. 2022

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Brasília-DF. 1988. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/constituicao/constituicaocompilado.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicaocompilado.htm). Acesso em: 21 ago. 2020.

BRASIL. **Decreto Federal nº 4.873 de 11 de novembro de 2003**. Institui o Programa Nacional de Universalização do Acesso e Uso da Energia Elétrica - "LUZ PARA TODOS" e dá outras providências. Brasília-DF. Brasil. 2003.

BRASIL. Presidência da República. **Lei nº 10.438, de 26 de abril de 2002**. Dispõe sobre a expansão da oferta de energia elétrica emergencial, recomposição tarifária extraordinária, cria o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (Proinfa), a Conta de Desenvolvimento Energético (CDE), dispõe sobre a universalização do serviço público de energia elétrica. Brasília-DF. 2002. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/2002/110438.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/2002/110438.htm). Acesso em: 16 maio 2022.

BRASIL. **Lei nº 14.284, de 29 de dezembro de 2021**: Institui o Programa Auxílio Brasil e o Programa Alimenta Brasil; define metas para taxas de pobreza; altera a Lei nº 8.742, de 7 de dezembro de 1993; revoga a Lei nº 10.836, de 9 de janeiro de 2004, e dispositivos das Leis nos 10.696, de 2 de julho de 2003, 12.512, de 14 de outubro de 2011, e 12.722, de 3 de outubro de 2012; e dá outras providências. Disponível em: <https://in.gov.br/en/web/dou/-/lei-n-14.284-de-29-de-dezembro-de-2021-370918498#:~:text=1%C2%BA%20Esta%20Lei%20institui%20o,de%20que%20trata%20o%20art>. Acesso em: 05 fev. 2022.

BRASIL. **Lei nº 8.631, de 4 de março de 1993**. Dispõe sobre a fixação dos níveis das tarifas para o serviço público de energia elétrica, extingue o regime de remuneração garantida e dá outras providências. Brasília-DF. Brasil. 1993. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/18631.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/18631.htm). Acesso em: jan. 2021.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia (MME). **Plano Nacional de Energia 2030**. EPE- Empresa de Pesquisa Energética. Brasília-DF, Brasil. 2007.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia (MME). **Plano Nacional de Energia 2030**. Brasília-DF, Brasil. 2007. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-165/topico-173/PNE%202030%20-%20Proje%C3%A7%C3%B5es.pdf>. Acesso em: 23 fev. 2022.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia (MME). **Programa de Eletrificação Rural**. Brasília: 2018. Disponível em: <https://www.mme.gov.br/luzparatodos/asp/default.asp?id=1>. Acesso em: 25 maio 2021.

BRITO, T. C.; NOBRE, P.J.; OLIVEIRA, F. L. R. Arquitetura com cheiro de mato: a experiência participativa na concepção de um centro comunitário. **Mix Sustentável**. Florianópolis, v.3, n.2, p.33-39,2017.

CABEZA, L. F.; BARRENECHE, C.; MIRÓ, L.; MORERA, J.M.; BARTOLÍ, E.; FERNÁNDEZ, A. I. Low carbon and low embodied energy materials in buildings: A review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 23, p. 536-542, jul. 2013.

CAMIOTO, F. C.; REBELATTO, D. A. N.; ROCHA, R. T. Análise da eficiência energética nos países do BRICS: um estudo envolvendo a Análise por Envoltória de Dados. **Gestão & Produção**, [S. l.], v. 23, n. 1, p. 192-203, 2016.

CAMPISI, D.; GITTO, S.; MOREA, D. Economic feasibility of energy efficiency Improvements in street lighting systems in Rome. **Journal of Cleaner Production**, v. 175, p. 190-198, 2018. doi: 10.1016/j.jclepro.2017.12.063.

CAMPOS, V. R.; MATOS, N. S., BERTINI, A. A. Sustentabilidade e Gestão Ambiental na Construção Civil: Análise dos Sistemas de certificação LEED E ISO14001. **Revista Eletrônica Gestão & Saúde**. v. 6, (supl. 2), p.1104-1118, abr., 2015.

CARLO, J. C.; LAMBERTS, R. Parâmetros e métodos adotados no regulamento de etiquetagem da eficiência energética de edifícios – parte 1: método prescritivo. **Revista Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 10, n. 2, p. 7-26, abr./jun. 2010.

CEDDIA, M.G.; SEDLACEK, S.; BARDSLEY, N.O; GOMEZ-Y- PALOMA, S. Sustainable agricultural intensification or Jevons paradox? The role of public governance in tropical South America, **Global Environmental Change**, vol. 23, n.º 5, p.1052–1063, 2013.

CHOAY, F. **O urbanismo: utopias e realidades, uma antologia**. 7. ed. São Paulo: Perspectiva. 2013.

CHOI, J. O.; BHATLA, A.; STOPPEL, C.M.; SHANE, J, S. LEED Credit review system and optimization model for pursuing LEED Certification. **Sustainability**. v.7. p.13351-13377. 2015.

CNI- Confederação Nacional da Indústria. **Construção Verde: Desenvolvimento com sustentabilidade**. Câmara Brasileira da Indústria da Construção Brasília: CNI,2012. Disponível

em:<[http://arquivos.portaldaindustria.com.br/app/conteudo\\_18/2013/09/23/4970/20131002175850295139e.pdf](http://arquivos.portaldaindustria.com.br/app/conteudo_18/2013/09/23/4970/20131002175850295139e.pdf)>.Acesso em: 20 maio 2021.

CNI. Confederação Nacional da Indústria. **Composição Setorial: Participação percentual do setor no PIB Industrial**. Portal da Indústria. 2021.

CONTO, V.; OLIVEIRA, M.L.; RUPPENTHAL, J.E. Certificações ambientais: contribuição à sustentabilidade na construção civil no Brasil. **GEPROS. Gestão da Produção, Operações e Sistemas**, Bauru-SP, Ano12, nº4, out-dez/2017, p.100-127.

CORBELLA, O.; YANNAS, S. **Em Busca de Uma Arquitetura Sustentável Para os Trópicos: conforto ambiental**. 2.ed. Rio de Janeiro: Revan, 2009.

CORBELLA, O.; V. CORNER. **Manual de arquitetura bioclimática tropical para a redução de consumo energético**. Rio de Janeiro: 1º ed. Revan, 2011.

COSTA, E. D.; MORAES, C. S. B. Construção civil e a certificação ambiental: análise comparativa das certificações LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) e AQUA (alta qualidade ambiental). **Engenharia Ambiental**, Espírito Santo do Pinhal, v. 10, n. 3, p. 160-169, maio/jun., 2013.

COSTA, J.S.; ANDRADE JUNIOR, L. M. Eficiência energética aplicada ao consumo de eletricidade: Um estudo de revisão Bibliográfica. **Research, Society and Development**, v. 10, n.4, e26210414085, abril,2021. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/14085/12664>. Acesso em: 29 jun. 2021

D'AMANZO, M.; MERCADO, M. V.; KARLEN, C. G. 10 preguntas de los edificios energía cero: revisión del estado del arte. **Revista Hábitat Sustentable**. Vol. 10, N°. 2. 2020, p. 24 – 41

DAPPER, P. V., TOMÉ, B. P. & ZANATTA, J. M. Eficiência energética: estudo de caso em agroindústria do Rio Grande do Sul. **Research, Society and Development**. v. 09 nº2,2019, p 1- 35.

DAPPER, P. V.; TOMÉ, B. P.; ZANATTA, J. M. Eficiência energética: estudo de caso em agroindústria do Rio Grande do Sul. **Research, Society and Development**. v. 9, n. 2, p. 1-35. 2019. doi: 10.33448/rsd-v9i2.2042.

DATASEBRAE. **Programas sociais: Bolsa Família**. Famílias beneficiadas por estado. 2016. Disponível em: <https://datasebrae.com.br/programas-sociais/#estados>. Acesso em: 25 dez. 2021.

ELETROBRÁS. **Programa Luz para Todos: resultados e metas**. Brasil. 2020. Disponível em: <https://eletrobras.com/pt/Paginas/Luz-para-Todos.aspx#projeto>. Acesso em: 04 jun. 2021

ELETROBRAS. **Selo Procel de Economia de Energia para Edificações: Manual de Identidade Visual**. Versão 2.0. Rio de Janeiro, RJ. Set. 2020a. Disponível em: <http://www.procel.gov.br/services//DocumentManagement//FileDownload.EZTSvc.asp?DocumentID={0E26BA54-0A5E-4755-9D1C-4639CE7B0B47}&ServiceInstUID={46764F02-4164-4748-9A41-C8E7309F80E1}>. Acesso em: 20 abril 2022

EPE- Empresa de Pesquisa Energética. **2031 Plano Decenal de Expansão de Energia**. Ministério de Minas e Energia. Brasília-DF Disponível em: [https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/Documents/PDE%202031\\_RevisaoPosCP\\_rvFinal.pdf](https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/Documents/PDE%202031_RevisaoPosCP_rvFinal.pdf). Acesso em: 11 abril 2022

EPE- Empresa de Pesquisa Energética. **ABCD Energia: Eficiência Energética**. 2021. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/eficiencia-energetica>. Acesso em: jan. 2021.

EPE- Empresa de Pesquisa Energética. **Anuário estatístico de energia elétrica 2021: ano base 2020**. Brasília-DF. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sitespt/publicacoesdadosabertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-160/topico-168/EPEFactSheetAnuario2021.pdf>. Acesso em: 06 jun. 2021

FELIX, V. S.; SANTOS, J. S. Gestão ambiental e sustentabilidade: um estudo de casos múltiplos no setor hoteleiro de João Pessoa/PB. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**. v.10, n.10, p.2185-2197, 2013.

FERREIRA NETO, A. B.; CORRÊA, W. L. R.; PEROBELLI, F. S. Consumo de energia e crescimento econômico: uma análise do Brasil no período 1970-2009. **Análise Econômica**, v. 34, n. 65, p. 181-204, set. 2019.

FIGUEIREDO, F. G.; SILVA, V. G. Processo de projeto integrado e desempenho ambiental de edificações: os casos do SAP Labs Brazil e da ampliação do CENPES Petrobrás. **Revista Ambiente construído**. Porto Alegre-RS. v.12, p.97-119, jun.2012.

FOUQUET, D. Policyinstruments for renewableenergy - From a European perspective. **Renewable Energy**, v.49, p.15-18, 2013.

FREY, K.; TORRES, P. H. C.; JACOBI, P.R.; RAMOS, R. F. **Objetivos do desenvolvimento sustentável: desafios para o planejamento e a governança ambiental na Macrometrópole Paulista**. Org.: Klaus Frey, Pedro Henrique Campello Torres, Pedro Roberto Jacobi e Ruth Ferreira Ramos. Santo André, SP: EdUFABC, 2020.

GARÉ, J. C. **Contribuições da Construção Civil Brasileira para o Desenvolvimento Sustentável**. Dissertação (Mestrado em Administração) – Universidade Municipal de São Caetano do Sul-USCS, São Caetano do Sul-SP, 2011.

GBCBrasil-Green Building Council Brasil. **Certificações**. 2022. Disponível em: <https://www.gbcbrazil.org.br/certificacoes/>. Acesso em: 13 mar. 2022

GBC BRASIL. **Guia prático: porque e como certificar o seu projeto**. Certificação GBC Brasil Casa. Barueri-SP: Green Building Council Brasil, 2019.

GENIN, C.; ROMEIRO, V. **Nova economia para o Brasil: retomada verde pode aumentar o PIB e criar empregos**. WRI Brasil, 2020. Disponível em: <https://wribrasil.org.br/noticias/nova-economia-para-o-brasil-retomada-verde-pode-aumentar-o-pib-e-criar-empregos>. Acesso em: 02 ago. 2022

GLUSZAK, M.; MALKOWSKA, A.; MARONA, B. Green Building Adoption on Office Markets in Europe: An Empirical Investigation into LEED Certification. **Energies**. April 2021.

GOLDEMBERG, J.; MOREIRA, J. R. Política Energética no Brasil. **Estudos Avançados**, São Paulo, SP, v19, n° 55, p.215-228, set-dez. 2005.

GONÇALVES, J. C. S.; DUARTE, D. H. S. Arquitetura sustentável: uma integração entre ambiente, projeto e tecnologia em experiências de pesquisa, prática e ensino. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, RS, v. 6, n. 4, p. 51-81 out./dez. 2006.

GASPARY, F. P. **O retrofit sustentável como uma estratégia para a reabilitação consciente do patrimônio cultural arquitetônico**. Dissertação (Mestrado em Patrimônio Cultural). Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2012. 131p. Disponível em: <https://repositorio.ufsm.br/handle/1/10998>. Acesso em 16 maio 2022.

GLEHN, P. V., KOS, D. Reflexão sobre o impacto dos códigos edíficos no desempenho térmico e lumínico de edifícios residenciais do bairro Noroeste, Brasília-DF. **Cadernos de Arquitetura e Urbanismo**, Paranoá, v.1, n. 30, p.1-30, 2021.

GUERRA, L. C. B; SILVA, S. C. A. Análise do processo de reestruturação do setor elétrico brasileiro. **Empírica BR**. Revista Brasileira de gestão e negócios. v.1, n. 1, 2017.

HERZER, L.A.; FERREIRA, R.L. Construções sustentáveis no Brasil: um panorama referente às certificações ambientais para edificações LEED e AQUA-HQE. **Caderno Meio Ambiente e Sustentabilidade**. v.8, n.5, p.34-55, 2016.

IBGE- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Agência IBGE Notícias. **IBGE divulga as estimativas da população dos municípios para 2020**. 2020. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/28668-ibge-divulga-estimativa-da-populacao-dos-municipiospara2020#:~:text=O%20IBGE%20divulga%20hoje%20as,77%25%20em%20rela%C3%A7%C3%A3o%20a%202019>. Acesso em: jan. 2021.

IBGE- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo demográfico 1940-2010**. 2010. Disponível em: <https://seriesestatisticas.ibge.gov.br/series.aspx?vcodigo=POP122>. Acesso em: 21 ago. 2021

IBGE- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Panorama: Brasil**. 2021. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/panorama>. Acesso em: 06 jun. 2021

IBGE. Instituto Brasileiro Geografia e Estatística. **Estimativa de domicílios para 2019**. 2019. Disponível em: [https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101707\\_informativo.pdf](https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101707_informativo.pdf). Acesso em: 21 ago. 2020.

IBGE. Instituto Brasileiro Geografia e Estatística. **Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua - PNAD Contínua**. Brasil.2020. Disponível em: [https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101707\\_informativo.pdf](https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101707_informativo.pdf). Acesso em: 05 jun. 2021.

IDOWU, S. O. World Business Council for Sustainable Development. In: **Encyclopedia of Corporate Social Responsibility**. Springer Berlin Heidelberg, p. 2735-2738. 2013.

IEA- INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. World Energy Balances: Overview. 2020. Disponível em: <https://www.iea.org/reports/world-energy-balances-overview>. Acesso em: jan. 2021.

INMETRO. Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial. **Portaria nº 42, de 24 de fevereiro de 2021**. Ministério da Economia. Brasil. 2021. Disponível em: <http://www.inmetro.gov.br/legislacao/rtac/pdf/RTAC002707.pdf>. Acesso em: 03 out. 2021.

INMETRO. Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial. **Consulta pública nº 3, de 9 de março de 2021**. Ministério da Economia. Brasil. 2021. Disponível em: <http://www.inmetro.gov.br/legislacao/rtac/pdf/RTAC002708.pdf>. Acesso em: 10 ago. 2022

INMETRO. Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial. **Tabelas de consumo: eficiência energética**. 2022. Disponível em: <http://www.inmetro.gov.br/consumidor/tabelas.asp>. Acesso em: 25 dez. 2021

KATS, G. **Tornando o nosso ambiente construído mais sustentável: custos, benefício e estratégias**. São Paulo: Editora SECOVI SP, 2014. Disponível em: <http://old.secovi.com.br/files/Downloads/livro-tornando-nosso-ambiente-construido-mais-sustentavel-greg-katspdf.pdf>. Acesso em: 02 jun. 2021.

KEELER, M.; VAIDYA, P. **Fundamentos de projeto de edificações sustentáveis**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2018.

KIM, J. M.; SON, K.; SON, S. Green benefits on educational buildings according To the LEED certification. **International Journal of Strategic Property Management**, nº 24, v.2. 2020, p.83–89.

KRUGER, C.; RAMOS, L.F. Iluminação pública e efficientização energética. **Revista Espaço Acadêmico**, n. 185, p. 37-49, 2016.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. Eficiência Energética na Arquitetura. 3.ed. Rio de Janeiro: Eletrobras, 2014.

LATORRACA, T. F.; BLUMENSCHNEIN, R. N.; FERRARI, M.V. Mapeamento da governança do setor de energia elétrica para a eficiência energética no Brasil. Org.; Fabiane dos Santos. **Meio ambiente em foco**. Editora Poisson. Vol.9, p.154,2019. **VEJA A ABNT 6023**

LEITE, G. N. P., WESCHENFELDER, F., ARAUJO, A. M., OCHOA, A. A. V., Prestrelo, N. F. Neto, & Kraj, A. An economic analysis of the integration between air-conditioning and solar photovoltaic systems. **Energy Conversion and Management**, nº185, v. 1, p.836-849, 2019.

LEME, A. A. O setor elétrico brasileiro entre as transformações contemporâneas: o caso da crise elétrica de 2001. **Crítica e Sociedade: revista de cultura política**, Uberlândia, v. 8, n. 1, 2018.

LUZ, J. R.; CAVALCANTE, P. R. N.; CARVALHO, J. R. M. Estratégias de qualidade ambiental e produção mais limpa no setor de construção civil. **Revista Ambiente Contábil**, v. 6, n. 2., p. 18-35, 2014.

MARJABA, G. E.; CHIDIAC, S. E. Sustainability and resiliency metrics for buildings – Critical review. **Building and Environment**, v. 101, p. 116–125, 2016.

MARQUES, S. B.; BISSOLI-DALVI, M.; ALVAREZ, C. E. Políticas públicas em prol da sustentabilidade na construção civil em municípios brasileiros. **Rev. Bras. Gestão Urbana**, v.10, supl.1. nov., 2018.

MARTINEZ, M. F.; ALVEZ, M. B.; PEREIRA, L. A.; BEYER, P. O. Redução de consumo de energia elétrica através de conceitos green building. **Eletrônica de Potência**, v. 14, n. 2, maio 2009.

MCCAULEY, Darren. **Energy justice: re-balancing the trilemma of security, poverty and climate change**. Switzerland: Palgrave MacMillan, 2018.

MEDEIROS, R. P. **Acesso à energia em comunidades tradicionais: Estudo de caso do Quilombo de Ivaporunduva (Eldorado-SP)**. 2019. 191p. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Programa de Pós-graduação em Energia do Instituto de Energia e Ambiente da Universidade de São Paulo, São Paulo, SP. 2019.

NUNES, M. F. Análise da contribuição das certificações ambientais aos desafios da Agenda 2030. **Revista Internacional de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 08, n. 01, p. 27-46, jan./jun., 2018.

NYIKOS, D. M., THAL, A. E., JR., HICKS, M. J., & LEACH, S. E. To LEED or not to LEED: analysis of cost premiums associated with sustainable facility design. **Engineering Management Journal-Rolla**, 24(4), p.50-62. 2012.

OLINGER, M.S.; MAZZAFERRO, L.; SILVA, R.M.M; ELI, L.G.; MELO, A.P.; FOSSATI, M.; LAMBERTS, R. Definição de escalas de eficiência energética da envoltória em edificações residenciais: etiquetagem brasileira. **Revista Técnico-Científica do CREA-PR**. Ed. Especial XVII ENTAC, p.1-8, fev. 2019. Disponível em: <http://creaprw16.crea-pr.org.br/revista/sistema/index.php/revista/article/view/502>. Acesso em: 27 jun. 2021

OLIVEIRA, C. R. M. D.; SANTOS, R. C.; BERTEQUINI, A. B. T. A certificação LEED na construção civil. **Revista Engenharia em Ação UniToledo**, Araçatuba, SP, v. 03, n. 01, p. 147-162, jan./jun. 2018.

OLIVEIRA, C. T., ANTONIO, F., BURANI, G. F., UDAETA, M. E. M. GHG reduction and energy efficiency analyses in a zero-energy solar house archetype. **International Journal of Low-Carbon Technologies**, v.12, n. 3, p. 225-232, 2017. Disponível em: <https://academic.oup.com/ijlct/article/12/3/225/3924462>. Acesso em: 27 jun. 2021



OLIVEIRA, J. C., FARIA, A. C. Impacto econômico da construção sustentável: a reforma do Estádio do Mineirão. **urbe**. Revista Brasileira de Gestão Urbana, v. 11, 2019. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/urbe/a/vM6VJpQMqFt6PHtjqYR8wB/?lang=pt>. Acesso em: 28 jun. 2021.

OLIVEIRA, P. A.; LUNARDI, D. G. Influência da envoltória no desempenho termoenergético de edificações institucionais no semiárido. **PARC Pesq. em Arquit. e Constr.**, Campinas, SP, v. 9, n. 4, p. 276-289, dez. 2018.

ONU. Organização das Nações Unidas. **17 objetivos para transformar o nosso mundo**. 2015. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/pos2015/agenda2030/>. Acesso em: 20 ago. 2020.

ONU. Organização das Nações Unidas. **Plataforma Agenda 2030. Objetivo 7: Energia acessível e limpa**. 2021. Disponível em: <http://www.agenda2030.org.br/ods/7/>. Acesso em: jan. 2021.

ONU Brasil- Organização das Nações Unidas no Brasil. **Relatório Anual 2021**. 2022. Disponível em: [https://brasil.un.org/sites/default/files/2022-04/ONUBrasil\\_RelatorioAnual\\_2021\\_web.pdf](https://brasil.un.org/sites/default/files/2022-04/ONUBrasil_RelatorioAnual_2021_web.pdf). Acesso em: 02 ago. 2022.

PASSOS, L. S.; BRUNA, G. C. Certificação ambiental LEED: mapeamento em São Paulo. **Mix Sustentável**, Florianópolis, v.5, n. 3, p. 41-54, jul., 2019.

PATZALAFF, J. O.; KERN, A. P.; GONZÁLEZ, M. A. S. Projeto de edificações com apelo sustentável: elementos para a construção de um sistema de apoio à decisão. **Revista Produção Online**, v.10, n.3, p. 479-503, set., 2010.

PBE EDIFICA. **Etiquetagem de edificações: Conhecendo a etiqueta PBE Edifica**. 2020. Disponível em: <https://pbeedifica.com.br/conhecendo-pbe-edifica>. Acesso em: 10 jun. 2021

PBE EDIFICA. **O que é a etiqueta PBE Edifica?** 2018. Disponível em: <http://pbeedifica.com.br/conhecendo-pbeedifica#:~:text=A%20Etiqueta%20C3%A9%20o%20Selo,etiqueta%20pode%20receber%20nomes%20diferentes>. Acesso em: 19 ago. 2020.

PECCI OVIEDO, M. E. Buenas prácticas hacia el cumplimiento del ODS 7 “Energía Asequible y No Contaminante”. **Revista Científica de la UCSA**, Vol.7 N°3, 72-75 Diciembre: 2020.

PEREIRA, F. **Universo B: O acesso à energia e a pandemia de Covid-19 (ODS 7)**. AeconomiaB. 2021. Disponível em: <https://www.aeconomiab.com/acesso-a-energia-pandemia-ods-7/#:~:text=A%20rela%C3%A7%C3%A3o%20entre%20a%20pandemia,falta%20de%20acesso%20C3%A0%20energia&text=O%20ODS%207%20da%20Agenda,90%25%2C%20no%20mesmo%20per%C3%ADodo..> Acesso em: 02 ago. 2022

PINHEIRO, M. D. **Ambiente e construção sustentável**. Amadora (Portugal):Instituto do Ambiente, 2006.

PISHCHULOV, G. V.; RICHTER, K. K.; PAKHOMOVA, N. V.; TSENZHARIK, M. K. A circular economy perspective on sustainable supply chain management: an updated survey. **University Journal of Economic Studies**. St Petersburg. vol 34, issue 2, pp 267–297, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.21638/11701/spbu05.2018.204>. Acesso em: 27 jun. 2021.

PNUD BRASIL- Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento do Brasil. **Sobre o Brasil**. 2021. Disponível em: <https://www.br.undp.org/content/brazil/pt/home/countryinfo.html>. Acesso em: 01 jun. 2021

PROCEL INFO. **PROCEL EDIFICA: Eficiência Energética nas edificações**. 2021. Disponível em:

<http://www.procelinfo.com.br/data/Pages/LUMIS623FE2A5ITEMIDC46E0FFDBD124A0197D2587926254722LUMISADMIN1PTBRIE.htm#:~:text=O%20Programa%20Nacional%20de%20Efici%C3%Aancia,governamental%2C%20tecnol%C3%B3gica%2C%20econ%C3%B4mica%20e%20de>. Acesso em: 24 maio 2021.

PROCEL INFO. **PROCEL EDIFICA: Eficiência Energética nas edificações**. 2021. Disponível em:

<http://www.procelinfo.com.br/data/Pages/LUMIS623FE2A5ITEMIDC46E0FFDBD124A0197D2587926254722LUMISADMIN1PTBRIE.htm#:~:text=O%20Programa%20Nacional%20de%20Efici%C3%Aancia,governamental%2C%20tecnol%C3%B3gica%2C%20econ%C3%B4mica%20e%20de>. Acesso em: maio 2021.

RAMOS, T. P. R.; LLENERA D.J.G.; PEREIRA, L. B. S.; SANTANA, K. D. Producción más limpia y ecoeficiencia en el procesado del cacao: Un caso de estudio en Ecuador. **Investigación y Desarrollo**, Cochabamba, v. 20, n.1, 2020.

RECH, A. S.; DEBRASSI, J.; LIRA, L. H.; THOMAZ, O.; SOUZA, M.A. Certificação LEED e sua importância nas construções brasileiras. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, Florianópolis-SC, v. 7, n. 2, p.300-312, abr./jun. 2018.

REIS, L. B.; FADIGAS, E. A. F. A.; CARVALHO, C. E. Energia, recursos naturais e a prática do desenvolvimento sustentável. **Manole**. Coleção ambiental. 3. ed. 2019. 400p.

RIBERO, O.; GARZÓN, D.; ALVARADO, Y.; GASCH, I. Beneficios económicos de la certificación LEED. Edificio centro Ático: caso de estudio. **Revista ingeniería de construcción**. Santiago-Chile. v. 31, n. 2. ago. 2016.

ROMERO, A. M; REIS, B. L. **Eficiência energética em edifícios**. São Paulo: Manole, 2012.

ROMÉRO, M. A. **Retrofit e APO: conforto ambiental e conservação de energia**. In: Reabilita – Curso de pós-graduação lato sensu em Reabilitação Ambiental Sustentável Arquitetônica e Urbanística. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília. Brasília, 2020.

RUSSELL-SMITH, S. V.; LEPECH, M. D. Cradle-to-gate sustainable target value design: integrating cycle assessment and construction management for buildings. **Journal of Cleaner Production**. v. 100, p. 107-115, 2015.

RUIZ, D.; MARTÍNEZ, J. P.; FIGUEROA, A. Importancia del "efecto rebote" o paradoja de Jevons en el diseño de la política ambiental. **Revista Ingenierías Universidad de Medellín**. vol.14, n°27, Medellín, p.49-59, 2015

SANTOS, A. A.; VIEIRA NETO, J.; FARIAS FILHO, J. R. Três décadas de desenvolvimento da ecoeficiência: Um estudo bibliométrico da atividade de pesquisa em literatura científica indexada na Base Scopus. **Revista Espacios**. v. 37, p. 20-39, 2016.

SCHUSTER. B. S.; TABONI JUNIOR., L. R. Aplicadas no canteiro de obras que contribuem para a gestão sustentável dos resíduos da construção civil. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, Florianópolis, v. 9, n. esp, p. 781-799, fev.2020.

SCHUTZE, A.; HOLZ, R. **Linha do tempo**: Eficiência energética no Brasil. NEXO Políticas Públicas. 2021. Disponível em: <https://pp.nexojournal.com.br/linha-do-tempo/2021/Efici%C3%A2ncia-energ%C3%A9tica-no-Brasil1>. Acesso em: 23 dez. 2021.

SILVA, A. M.; VIEIRA, R. M. F. Energia eólica: conceitos e características basilares para uma possível suplementação da matriz energética brasileira. **Revista Direito Ambiental e Sociedade**, v. 6, n. 2, p. 53-76, 2016.

SILVA, K. J. M.; SALES, R. M. M.; SILVA, G.V.; NASCIMENTO, R. S.; SILVA, M. G. Agenda 2030 e os desafios para a garantia de acesso à energia limpa e renovável. **Open Journal Systems-OJS**. Meio Ambiente (Brasil), v. 1, n. 3, p. 38-44. 2019. Disponível em: <http://meioambientebrasil.com.br/index.php/MABRA/article/view/44>. Acesso em: 27 jun. 2021.

SILVA, V. G. **Avaliação da sustentabilidade de edifícios de escritórios brasileiros: diretrizes e base metodológica**. Tese (Doutorado em Engenharia de Construção Civil) - Escola Politécnica da USP. São Paulo, 2003. p. 210.

SILVA, I. M. C. F.; TERCEIRO NETO, A. D. L.; GOLVEIA, L. P. R. A importância do retrofit sustentável e os certificados ambientais utilizados no Brasil – Paper review. *In*: Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental e Sustentabilidade, 2018, João Pessoa-PB. **Anais[...]**. João Pessoa-PB, 2018, p.100-111.

SIRTULI, B. P.; DIAS, R. H. M. P.; RODRIGUES, E. A. N. Eficiência energética da envoltória de edifícios históricos: métodos RTQ-C e INI-C. **PARC- Pesquisa em Arquitetura e Constr.**, Campinas, SP, v. 13, p. 022007-1 a 022007-18, 2022.

SOLA, A. V. H.; MOTA, C. M. M. Melhoria da eficiência energética em sistemas motrizes industriais. **Production**, v. 25, n. 3, p. 498-509, jul./set. 2015.

SOUZA, C. M. R.; GALLO, F. Território nacional e desigualdades socioespaciais. Um pequeno estudo sobre o programa luz para todos e a ampliação do processo de eletrificação rural. **Sociedade e Território**. Natal. Vol. 31, N. 1, p. 8–26 jan./jun. de 2019.

SOUZA, R. S. A (in)compatibilidade entre o ODS7 e as políticas públicas brasileiras de fomento às energias renováveis. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**. Florianópolis-SC, v. 9, n. esp., p. 3-19, fev. 2020.

SUGAHARA, E. S.; FREITAS, M. R.; CRUZ, V.A.L. Análise das certificações ambientais de edificações: AQUA, PROCEL, LEED e Casa Azul. **Interação: Revista de Ensino, Pesquisa e Extensão**. Varginha-MG, v. 23,n. 01,p. 12-21. 2021.

SUN, C.; CHEN, Y. G.; WANG, R.J.; LO, S.C. Construction Cost of Green Building Certified Residence: A Case Study in Taiwan. **Sustainability**, v.11,n.8, p.1-10,12abr. 2019.

SZOKOLAY, S. V. **Introduction to architectural science: the basis of sustainable design**. 2ª ed. Routledge, 2008, 759p.

TDGI. **Obras de retrofit: qual a diferença para reforma e quando fazer?** 2020. Disponível em: <https://tdgibrasil.com/obras-de-retrofit/>. Acesso em: 02 ago. 2022

TISI, Y. S. A. B.; GUIMARÃES, L. N. M. R. Políticas públicas de estímulos comportamentais à eficiência energética. **Revista Videre**, Dourados, MS, v.11, n.22, jul./dez. 2019, P 247-263- ISSN 2177-7837.

UN- UNITED NATIONS. Sustainable Development Goals-SDG. **SDG7 Affordable and cleanenergy:remarkable data**. 2018. Disponível em: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/energy/>. Acesso em: jun. 2021

UN- UNITED NATIONS. **The energy progress report: Tracking SDG 7**. Brazil. 2018. Disponível em: <https://trackingsdg7.esmap.org/country/brazil>. Acesso em: jun. 2021

UNITED NATIONS- Department of Economic and Social Affairs. **Progress towards the Sustainable Development Goals**. 2017. 19p. Disponível em: <https://unstats.un.org/sdgs/files/report/2017/secretary-general-sdg-report-2017--EN.pdf>Acesso em: 13 mar. 2022

UNITED NATIONS- Department of Economic and Social Affairs. **Progress towards the Sustainable Development Goals**. 2021. 21p. Disponível em: <https://unstats.un.org/sdgs/files/report/2021/secretary-general-sdg-report-2021--EN.pdf>. Acesso em: 13 mar. 2022

USBGC- U. S. GREEN BUILDING COUNCIL. LEED.LEED v4.1 is the next generation standard for green building design, construction, operations and performance. 2021.Disponível em: [https://www.usgbc.org/leed/v41?creative=340432438239&keyword=building%20certificate&matchtype=b&network=g&device=c&gclid=Cj0KCQjw5PGFBhC2ARIsAIFIMNfUxyeNemhxjGY2KFGzl3wvXT9shaaOjLGECvhrfjQHPyErQFVF-m0aAn\\_nEALw\\_wcB](https://www.usgbc.org/leed/v41?creative=340432438239&keyword=building%20certificate&matchtype=b&network=g&device=c&gclid=Cj0KCQjw5PGFBhC2ARIsAIFIMNfUxyeNemhxjGY2KFGzl3wvXT9shaaOjLGECvhrfjQHPyErQFVF-m0aAn_nEALw_wcB). Acesso em: 01 maio 2021

USBGC- U. S. GREEN BUILDING COUNCIL. Mission and Vision. 2022. Disponível em: <https://www.usgbc.org/about/mission-vision>. Acesso em: 01 ago. 2022

VARES, S., HÄKKINEN, T., KETOMÄKI, J., SHEMEIKKA, J. Y JUNG, N. Impact of renewable energy technologies on the embodied and operational GHG emissions of a nearly zero energy building. **Journal of Building Engineering**, v. 22, p. 439–450. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2018.12.017>. 2019.

WONG, L. I.; KRÜGER, E. Comparing energy efficiency labelling systems in the EU and Brazil: implications, challenges, barriers and opportunities. **Energy Policy**, v. 109, p. 310-323, 2017.

WOOD, S.L.R.; DECLERCK, F. Ecosystems and human well-being in the sustainable development goals. **Frontiers in Ecology and the Environment**. v.13, 123-123, 2015.

ZANGALLI JR, P. C. Sustentabilidade urbana e as certificações ambientais na construção civil. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, , v. 25, n. 2, p. 291-302, 2013.

ZHIQIANG, J.; ZHAI, J.Y.; HELMAN, M. Implications of climate changes to building energy and design. **Sustainable Cities and Society**, v.44, p. 511-519, 2019.

ZÚÑIGA, N. L. O.; ORDÓÑEZ, J.C.M.; MERCADO, L. G.C; VALENCIA, M.L.O.; CHARCOPA, J.L.S. Beneficios de la eficiencia energética. Usos y aplicaciones en América Latina. Un estudio comparado. Polo del Conocimiento (edição nº 49), v. 3, 2018, pág. 509-520.

## ANEXO A

### CHECKLIST: GBC BRASIL CASA



**Certificação GBC Brasil Casa - Versão 2**

Checklist Projeto e Obra

110 Pontos Possíveis

Categoria	Pré-Requisito / Crédito	Nome	Projeto / Obra	Desempenho Exemplar	Pontos
<b>IMPLANTAÇÃO (IMP)</b>					
IMP	PR1	Controle da erosão, sedimentação e poeira na atividade da Construção	Obra	Não	OBR
IMP	PR2	Orientações de Arquitetura Bioclimática	Projeto	Não	OBR
IMP	PR3	Não utilizar Plantas Invasoras	Obra	Não	OBR
IMP	PR4	Seleção do Terreno	Projeto	Não	OBR
IMP	CR1	Desenvolvimento Urbano Certificado (ou IMP2 a IMP5)	Projeto	Não	10
IMP	CR2	Urbanização do Entorno e Ruas Caminháveis	Projeto	Não	2
IMP	CR3	Localização Preferencialmente Desenvolvida	Projeto	Não	3
IMP	CR4	Preservação ou Restauração do Habitat	Projeto	Sim	2
IMP	CR5	Proximidade a Recursos Comunitários e Transporte Público	Projeto	Não	3
IMP	CR6	Acesso a Espaço Aberto	Projeto	Não	1
IMP	CR7	Redução do Impacto da Obra no Terreno	Obra	Não	1
IMP	CR8	Paisagismo	Projeto	Sim	5
IMP	CR9	Redução de Ilha de Calor	Obra	Sim	2
IMP	CR10	Controle e Gerenciamento de Águas pluviais	Projeto	Sim	2
<b>USO EFICIENTE DA ÁGUA (UEA)</b>					
UEA	PR1	Uso Eficiente da Água - Básico	Projeto	Não	OBR
UEA	PR2	Medição Única do Consumo de Água	Obra	Não	OBR
UEA	CR1	Uso Eficiente da Água - Otimizado	Projeto	Sim	3
UEA	CR2	Medição Setorizada do Consumo de Água	Obra	Não	2
UEA	CR3	Uso de Fontes Alternativas Não Potáveis	Projeto	Não	3
UEA	CR4	Sistemas de Irrigação Eficiente	Projeto	Não	3
UEA	CR5	Plano de Segurança da Água	Obra	Não	1
<b>ENERGIA E ATMOSFERA</b>					
EA	PR1	Desempenho Mínimo da Envolória	Projeto	Não	OBR
EA	PR2	Fontes de Aquecimento de Água Eficientes	Projeto	Não	OBR
EA	PR3	Qualidade e Segurança dos Sistemas	Obra	Não	OBR
EA	PR4	Iluminação Artificial - Básica	Obra	Não	OBR
EA	CR1	Desempenho Energético Aprimorado	Projeto	Não	10
EA	CR2	Obter a Etiqueta PBE Edifica	Obra	Não	2
EA	CR3	Desempenho Aprimorado da Envolória	Projeto	Não	4
EA	CR4	Fontes Eficientes de Aquecimento Solar	Projeto	Não	2
EA	CR5	Iluminação Artificial - Otimizada	Obra	Sim	2
EA	CR6	Equipamentos Eletrodomésticos Eficientes	Obra	Não	1
EA	CR7	Energia Renovável	Projeto	Sim	4
EA	CR8	Comissionamento dos Sistemas Instalados	Obra	Não	2
EA	CR9	Medição Básica de Energia	Projeto	Não	1
<b>MATERIAIS E RECURSOS (MR)</b>					
MR	PR1	Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção e Operação	Projeto	Não	OBR
MR	PR2	Madeira Legalizada	Obra	Não	OBR
MR	CR1	Gerenciamento de Resíduos da Construção	Obra	Sim	3
MR	CR2	Madeira Certificada	Obra	Sim	2
MR	CR3	Rotulagem Ambiental Tipo I - Materiais Certificados	Obra	Sim	1
MR	CR4	Rotulagem Ambiental Tipo II - Materiais Ambientalmente Preferíveis	Obra	Sim	3
MR	CR5	Rotulagem Ambiental Tipo III - Declaração Ambiental do Produto	Obra	Sim	3
MR	CR6.1	Desmontabilidade e Redução de Resíduos - Sistemas Estruturais	Obra	Não	1
MR	CR6.2	Desmontabilidade e Redução de Resíduos - Elementos Não-estruturais	Obra	Não	1

QUALIDADE AMBIENTAL INTERNA					
QAI	PR1	Controle de Emissão de Gases de Combustão	Projeto	Não	OBR
QAI	PR2	Exaustão Localizada - Básica	Projeto	Não	OBR
QAI	PR3	Desempenho mínimo do Ambiente Interno	Projeto	Não	OBR
QAI	CR1	Desempenho Térmico	Projeto	Não	3
QAI	CR2	Desempenho Luminico	Projeto	Não	3
QAI	CR3	Desempenho Acústico	Obra	Não	3
QAI	CR4	Controle de Umidade Local	Projeto	Não	1
QAI	CR5	Proteção de Poluentes Provenientes da Garagem	Projeto	Não	1
QAI	CR6	Controle de Partículas Contaminantes	Obra	Não	3
QAI	CR7	Materiais de Baixa Emissão	Obra	Não	2
QAI	CR8	Saúde e Bem Estar	Projeto	Não	2
REQUISITOS SOCIAIS (RS)					
RS	PR1	Legalidade e Qualidade	Obra	Não	OBR
RS	CR1	Acessibilidade Universal	Projeto	Sim	1
RS	CR2	Boas Práticas Sociais para Projeto e Obra	Obra	Sim	2
RS	CR3	Boas Práticas Sociais para Operação e Manutenção	Obra	Não	1
RS	CR4	Liderança em Ação	Obra	Não	1
INOVAÇÃO E PROJETO (IP)					
IP	PR1	Manual de Operação, Uso e Manutenção	Obra	Não	OBR
IP	CR1	Projeto Integrado e Planejamento	Projeto	Não	3
IP	CR2	Educação e Divulgação	Obra	Não	2
IP	CR3	Inovação e Projeto	Obra	Não	5
CRÉDITOS REGIONAIS (CR)					
CR	CR1	Prioridades Regionais - Norte	Obra	Não	2
CR	CR2	Prioridades Regionais - Nordeste	Obra	Não	2
CR	CR3	Prioridades Regionais - Sul	Obra	Não	2
CR	CR4	Prioridades Regionais - Sudeste	Obra	Não	2
CR	CR5	Prioridades Regionais - Centro-Oeste	Obra	Não	2
<b>TOTAL</b>					<b>110</b>

Fonte: GBC Brasil (2019)