

**Eficiência Energética em Edifícios de Habitação no Brasil: Oportunidades e
Desafios.**

NATHAN MAGNO PAIVA

Dissertação submetida à Escola Superior de Tecnologia e Gestão do Instituto Politécnico de Bragança para a obtenção do Grau de Mestre em Engenharia da Construção no âmbito da dupla diplomação com o Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais.

Dezembro de 2023

**Eficiência Energética em Edifícios de Habitação no Brasil: Oportunidades e
Desafios.**

NATHAN MAGNO PAIVA

Dissertação submetida à Escola Superior de Tecnologia e Gestão do Instituto
Politécnico de Bragança para a obtenção do Grau de Mestre em Engenharia da
Construção no âmbito da dupla diplomação com o Centro Federal de Educação
Tecnológica de Minas Gerais.

Orientado por:

Silvia Maria Afonso Fernandes (IPB)

Renata Gomes Lanna da Silva (CEFET-MG)

Dezembro de 2023

“A sabedoria é a coisa principal; adquiere, pois, a sabedoria; sim, com tudo o que possuis adquiere o entendimento.”

Salomão

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela oportunidade de estar em Portugal e desenvolver esta dissertação, e por eu ter conhecido um novo mundo, no âmbito geográfico e também, interpessoal.

Agradeço aos meus pais, Matozinhos e Sidnea, que tem lutado por mim e pelo meu sucesso desde o meu nascimento, que diuturnamente apoiam-me, aconselham-me, e dirigiram meus passos desde meu nascimento até os dias hodiernos.

Agradeço à minha família na fé, João Batista, Selma de Oliveira e Monique, que desde o meu primeiro dia de Portugal não mediram esforços em me adotar à semelhança de um filho, e apesar de eu ser um completo estranho até então, amaram-me como poucos fariam.

Agradeço às minhas orientadoras, Silvia Maria e Renata Lanna, por colaborarem com o trabalho, levantarem questionamentos e direcionarem os melhores caminhos para o aperfeiçoamento da dissertação.

Por fim, agradeço ao Instituto Politécnico de Bragança pela recepção e pelo auxílio no complemento das minhas atividades estudantis em Portugal.

RESUMO

A eficiência energética busca otimizar o uso dos recursos energéticos, minimizando o desperdício e as perdas de energia. Este conceito visa não apenas a redução do consumo energético, mas também a diminuição da emissão de gases de efeito estufa, tornando a utilização de energia mais sustentável. A eficiência energética implica no uso racional e sustentável da energia, visando a redução de custos financeiros e ambientais, e promovendo uma melhor qualidade de vida para a sociedade. É notório que a sustentabilidade na construção civil tem ganhado destaque tanto no meio acadêmico, com o crescimento de estudos científicos a respeito do assunto, quanto no comercial, com a crescente demanda de tecnologias e materiais que otimizem o uso de energia em uma residência. Países e renomadas organizações internacionais, como a Organização das Nações Unidas, estão empenhados em implementar práticas sustentáveis tanto em âmbito nacional quanto global. Diante deste panorama voltado à sustentabilidade, o Brasil se destaca em alguns aspectos, desde sua rica biodiversidade até aspectos geográficos, considerando sua vasta extensão territorial e densidade populacional, no entanto enfrenta alguns desafios, como o investimento financeiro em medidas de eficiência energética residencial e a falta de ensino sobre o tema nas instituições de ensino, por exemplo. Um dos fatores primordiais a ser investigado, decorrente da mencionada agenda sustentável, concerne ao uso eficiente de energia pela população brasileira em suas residências. Assim, o estudo em questão se debruça sobre essa temática, examinando preliminarmente os contextos socioeconômico, climático e energético do Brasil, visando compreender a realidade contemporânea enfrentada pelos brasileiros. Adicionalmente, são explorados tópicos que mensuram os avanços do país no domínio da eficiência energética, considerando legislações, iniciativas educacionais, programas, instituição de órgãos reguladores, diretivas e a incorporação de tecnologias que fomentem a eficiência energética. Por fim, apresentam-se os resultados de um questionário aplicado aos residentes do município de Belo Horizonte, objetivando discernir a realidade e práticas da população acerca da eficiência energética em suas residências e, assim, consolidar as conclusões advindas das revisões bibliográficas realizadas no presente estudo sobre o tema proposto.

Palavras-chave: Eficiência Energética, Brasil, Edifícios Habitacionais.

ABSTRACT

Energy efficiency seeks to maximize the use of energy resources while minimizing waste and energy losses in various activities. This concept aims not only to reduce energy consumption but also to decrease the emission of greenhouse gases, making energy use more sustainable. Energy efficiency implies the rational and sustainable use of energy, aiming to reduce financial and environmental costs, and promoting a better quality of life for society. It is noteworthy that sustainability in civil construction has gained prominence both in the academic environment, with the growth of scientific studies on the subject, and in the commercial sphere, with the increasing demand for technologies and materials that optimize energy use in a residence. Countries and renowned international organizations, such as the United Nations, are committed to implementing sustainable practices both nationally and globally. In this panorama focused on sustainability, Brazil stands out in some aspects, from its rich biodiversity to geographical aspects, considering its vast territorial extension and population density. However, it faces some challenges, such as financial investment in residential energy efficiency measures and the lack of education on the topic in educational institutions, for example. One of the primary factors to be investigated, stemming from the aforementioned sustainable agenda, concerns the efficient use of energy by the Brazilian population in their residences. Thus, the study in question focuses on this theme, preliminarily examining the socioeconomic, climatic, and energy contexts of Brazil, aiming to understand the contemporary reality faced by Brazilians. Additionally, topics that measure the country's progress in the field of energy efficiency are explored, considering legislation, educational initiatives, programs, the establishment of regulatory bodies, directives, and the incorporation of technologies that promote energy efficiency. Finally, the results of a questionnaire applied to residents of the municipality of Belo Horizonte are presented, aiming to discern the reality and practices of the population regarding energy efficiency in their residences and, thus, consolidate the conclusions derived from the bibliographic reviews conducted in the present study on the proposed theme.

Keywords: Energy Efficiency, Brazil, Residential Buildings.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
2. JUSTIFICATIVA	16
3. OBJETIVOS DA PESQUISA	18
4. METODOLOGIA APLICADA	19
5. EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFÍCIOS NO BRASIL	20
5.1. CONTEXTO SOCIOECONÔMICO	23
5.2. CONTEXTO CLIMÁTICO	23
CONTEXTO ENERGÉTICO RESIDENCIAL	27
5.4. HISTÓRICO E EVOLUÇÃO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFÍCIOS DE HABITAÇÃO	29
5.5. EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM CONTEXTO EDUCACIONAL	34
5.6. TECNOLOGIAS E PRÁTICAS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA.....	37
5.6.1. Estratégias Passivas	41
5.6.2. Sistemas Solares Térmicos	43
5.6.3. Sistemas Solares Fotovoltaicas.....	45
5.6.4. Climatização	47
5.6.5. Iluminação	49
5.7. ENQUADRAMENTO NORMATIVO E LEGISLATIVO	51
5.7.1. Legislações	51
5.7.2. Normas.....	54
5.7.2.1. NBR 15220: Desempenho Térmico de Edificações	54
5.7.2.2. NBR 15575: Desempenho de Edificações.....	54
5.7.2.3. Programas de Eficiência Energética Residencial no Brasil.....	58
5.7.2.3.1. Certificações Energéticas	59
5.7.2.3.2. Regulamento Técnico de Qualidade Residencial: RTQ-R	63
5.7.2.3.3. Selo Casa Azul e Minha Casa Minha Vida	66
5.7.2.4. Desempenho Energético e Modelagem	68
6. QUESTIONÁRIO SOBRE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA	71

6.1. PÚBLICO-ALVO.....	72
6.1.1. Características de Belo Horizonte	72
6.2. ANÁLISE DOS RESULTADOS	75
7. CONCLUSÃO.....	84
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	89
ANEXO A - QUESTIONÁRIO	96

LISTA DE FIGURAS

Figura 01: Oferta Interna de Energia do Brasil nos anos de 2021 e 2022.....	6
Figura 02: Relação entre o ser humano e setores sociais.....	14
Figura 03: Os tipos de gases presentes na atmosfera, em porcentagem.....	16
Figura 04: Emissões de GEE por setor.....	17
Figura 05: Os diferentes tipos de climas brasileiros.....	18
Figura 06: Zonas Bioclimáticas Brasileiras.....	20
Figura 07: Temperatura Média de cada estado.....	21
Figura 08: Fontes de Energia Residencial no Brasil.....	21
Figura 09: Investimentos acumulados em vários segmentos de energia.....	24
Figura 10: Linha do tempo dos principais fatores que influenciaram a Eficiência Energética nos Edifícios.....	27
Figura 11: Estratégias de mitigação e controle térmico em uma edificação.....	32
Figura 12: Porcentagem de Energias Renováveis no Brasil, países da OCDE e restante do Mundo.....	30
Figura 13: Comparação entre fontes de energia elétrica.....	36
Figura 14: Velocidade média dos ventos no Brasil.....	37
Figura 15: Irradiação e potencial de geração de energia solar no Brasil.....	39
Figura 16: Imagem representativa de uma residência com painéis fotovoltaicos ligados à rede pública.....	41
Figura 17: Tabela de economia de energia.....	44
Figura 18: Preferência de uso das lâmpadas pelos residentes brasileiros, de acordo com as regiões do Brasil.....	45
Figura 19: Principais tópicos da NBR 15220.....	51
Figura 20: Principais tópicos da NBR 15575.....	52
Figura 21: Etiqueta utilizada pelo PBE.....	53
Figura 22: Classificação do BREEAM para as edificações.....	55
Figura 23: Gráfico dos edifícios que possuem certificação AQUA-HQE.....	56
Figura 24: Ilustração dos status dos códigos de eficiência energética nos países.....	57
Figura 25: Certificação LEED.....	58
Figura 26: Exemplo de modelagem de edificações em BIM.....	64
Figura 27: Dados Estatísticos sobre o município de Belo Horizonte.....	68

Figura 28: Resposta sobre o gênero dos entrevistados.....	70
Figura 29: Resposta sobre a região de residência.....	71
Figura 30: Posição corporal dos entrevistados ao responder o questionário.....	72
Figura 31: Resposta dos entrevistados à renda familiar.....	73
Figura 32: Grau de satisfação dos pesquisados na relação governo-eficiência energética.....	74
Figura 33: Resposta dos entrevistados para as principais dificuldades em implementar medidas de eficiência energética.....	75
Figura 34: Resposta dos entrevistados com relação à participação em programas ou projetos de eficiência energética no Brasil.....	76
Figura 35: Resposta dos entrevistados para os tipos de energias renováveis que implementariam em casa.....	77
Figura 36: As tecnologias de eficiência energética que os entrevistados consideram relevantes.....	78

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
ART	Anotação de Responsabilidade Técnica
BIM	Building Information Modeling
BREEAM	Building Research Establishment Environmental Assessment Method
BTU	British Thermal Unit
CAD	Computer Aided-Design
CAIXA	Caixa Econômica Federal
CEFETMG	Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais
CGIEE	Comitê Gestor de Indicadores e Níveis de Eficiência Energética
CO2	Dióxido de carbono
CONPET	Programa Nacional da Racionalização do Uso dos Derivados do Petróleo e do Gás Natural
EE	Eficiência Energética
ENCE	Etiqueta Nacional de Conservação de Energia
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
EPIA	European Photovoltaic Industry Association
EUA	Estados Unidos da América
GBC	Green Building Council
GEE	Gases de Efeito Estufa
GLP	Gás Liquefeito de Petróleo
HQE	Haute Qualité Environnementale
HZ	Heartz
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IEA	International Energy Agency
IFC	Industry Foundation Classes
INI	Instrução Normativa Inmetro
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia
LEED	Leadership in Energy and Environment Design
MCMV	Minha Casa Minha Vida

MEC	Ministério da Educação e Cultura
NBR	Norma Brasileira Regulamentadora
P&D	Pesquisa e Desenvolvimento
PBE	Programa Brasileiro de Etiquetagem
PDE	Plano Decenal de Energia
PNEF	Plano Nacional de Eficiência Energética
PROCEL	Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica
RTQ-C	Regulamento Técnico de Qualidade Comercial
RTQ-R	Regulamento Técnico de Qualidade Residencial
SINAPI	Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índice da Construção Civil
UFMG	Universidade Federal de Minas Gerais
UNESP	Universidade Estadual Paulista
USP	Universidade de São Paulo
ZB	Zona Bioclimática

1. INTRODUÇÃO

Pode-se entender que eficiência é otimizar os recursos, objetivando minimizar o desperdício em edifícios de habitação é um tema relevante tanto para o desenvolvimento sustentável como para o bem-estar das pessoas. Segundo a Agência Internacional de Energia (IEA, 2022), as emissões de CO₂ relacionadas a edifícios aumentaram em 2018, atingindo um recorde antes não visto de 9,7 Gt CO₂ (nove ponto sete gigatoneladas de dióxido de carbono). Tal número revela que o setor da construção civil tem degradado o meio ambiente, pois de acordo com Cruz (2018), comumente, define-se degradação ambiental como a introdução, pelo ser humano, de substâncias ou energias que têm potencial para prejudicar a saúde humana, os recursos biológicos e os sistemas ecológicos, o patrimônio estético e cultural, bem como o uso futuro dos recursos naturais; e de acordo com Asdrubali, Baldassari e Fthenakis (2013), o consumo de energia no setor de construção pode alcançar até 40% da demanda total de energia de um país industrializado.

Dentro do cenário brasileiro, é necessário lembrar em qual situação se encontrava o país no início dos anos 2000. Segundo Pereira (2006), a crise de energia que o país enfrentou entre junho de 2001 a fevereiro de 2002 popularizou o termo "apagão" entre os brasileiros e exigiu que a população das Regiões Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste adotassem práticas de consumo de energia altamente conservadoras. A primeira decisão tomada pela Câmara dos Deputados, em 16 de maio de 2001, proibiu jogos de futebol à noite e reduziu o consumo de energia em iluminação pública em 35%. Em Maio do mesmo ano, foi instaurado o racionamento de 20% para residências e comércio, seguido por cortes de 15% a 25% no consumo industrial.

Apesar do Brasil possuir matriz energética de origem renovável, como mostra a Figura 01, a qual apresenta como tem sido a origem energética brasileira nos últimos dois anos. Esse cenário favorece a nação brasileira no meio sustentável, isso se descompensa pela quantidade de emissão de CO₂ gerada pelos edifícios. De acordo com Wu, Wang e Xia (2016), quando se avalia o setor da construção civil com outros setores, conclui-se que o setor das construções tem grande impacto ambiental, representando cerca de 40% das emissões totais a nível global. Isso indica a importância de se buscar soluções mais sustentáveis e eficientes em termos energéticos para a construção de edifícios, com o objetivo de mitigar os efeitos negativos das mudanças climáticas (SOARES, 2014).

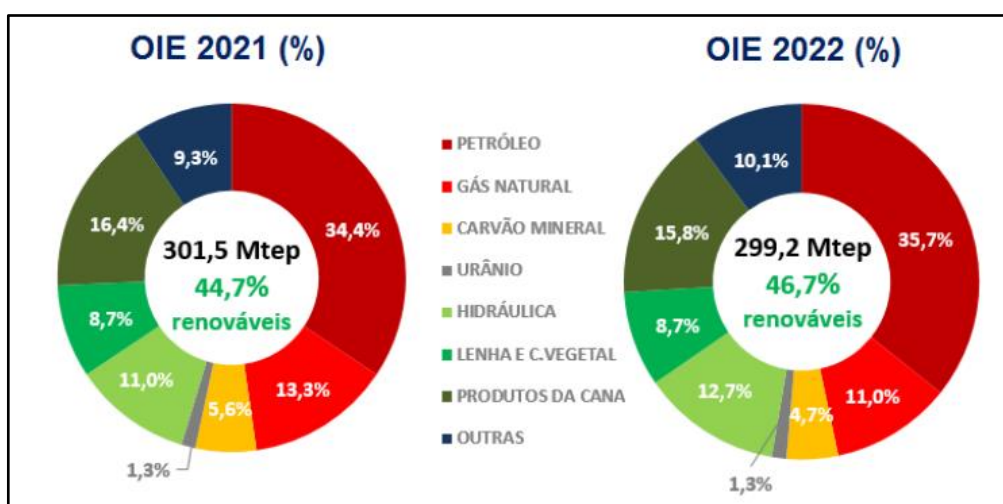


Figura 01: Oferta Interna de Energia do Brasil nos anos de 2021 e 2022. **Fonte:** Brasil, 2022a.

Porém, o Brasil ainda é muito dependente do petróleo e gás natural e essas alterações nas matrizes energéticas apresentam-se positivas para diminuir as alterações climáticas. Portanto, a eficiência energética em edifícios de habitação pode ser uma oportunidade tanto para reduzir o consumo de energia como para melhorar a qualidade de vida das pessoas, além de auxiliar no equilíbrio no meio ambiente. Segundo o Artigo 225 da Constituição Federal Brasileira: “Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações” (BRASIL, 2023).

Para Lima (2019), as emissões provenientes da construção de edifícios ocorrem em diferentes etapas de seu ciclo de vida. Há as emissões associadas aos materiais de construção utilizados, à própria construção da edificação e à fase de operação. Para Asdrubali et al (2013), edifícios têm ciclos de vida complexos, pois são feitos de diversos materiais e combinações de materiais, têm uma vida longa, necessitam de manutenção ao longo da vida e alguns são únicos. Segundo Lima (2019) e Araújo (2015), existem três tipos de energia em uma edificação: energia pré-operativa, operativa e pós-operativa. A energia operativa é responsável por 77% das emissões de uma residência, pois é a energia gasta durante o uso da edificação, logo faz-se necessário remediar tal situação, considerando que o setor residencial é um dos que mais consomem energia no país (SOARES, 2014).

A eficiência energética se estende por vários setores da economia, desde o uso doméstico de energia até segmentos industriais e de transporte. Em âmbito residencial, ela é crucial para diminuir os gastos com energia elétrica e para a preservação ambiental. Eficiência energética é reconhecidamente um caminho econômico e sustentável para suprir as necessidades energéticas para um desenvolvimento sustentável, assim como afirma a Agência Internacional de Energia (IEA, 2022), a qual diz que “a eficiência energética é a primeira fonte de energia”.

2. JUSTIFICATIVA

Algumas justificativas para o desenvolvimento do presente estudo podem basear-se nos seguintes tópicos:

- **Maior demanda de energia:** O Brasil enfrenta um rápido crescimento populacional e urbano, levando ao aumento da demanda de energia. A eficiência energética nas residências é fundamental para atender de forma sustentável a essa necessidade e reduzir a pressão sobre os recursos energéticos. Conforme Hubert, Campos e Viana (2020), a partir de 1990, as emissões de CO₂ do Brasil, originárias dos setores energéticos, mais que duplicaram, impulsionadas pelo crescimento industrial e, sobretudo, pela ineficiência energética do país. Portanto, o Brasil tem um papel crucial na luta contra o aquecimento global, sendo um dos países com maior potencial em termos de fontes de energia renovável no mundo, além de contar com um vasto território propício para a implementação de tecnologias energéticas mais eficientes e menos poluentes.

- **Danos ao ecossistema:** A construção e a operação de edifícios consomem grandes quantidades de energia, pois de acordo com Wang, Xia e Wu (2016), as construções civis consomem cerca de 40% de toda energia gerada. E, conseqüentemente, contribuem para as emissões de gases de efeito estufa e agravam as mudanças climáticas, pois de acordo com o Atlas de Eficiência Energética (2022), a geração de energia a nível mundial e a nível brasileiro são muito dependentes de fontes não renováveis, e a tendência do Brasil é aumentar ainda mais o consumo de energia em 2,6% no ano de 2023 (ONS, 2023). Ao promover a eficiência energética nas habitações, podemos reduzir o nosso impacto ambiental e melhorar a sustentabilidade do setor da construção.

- **Economia de energia e redução de custos:** A eficiência energética em residências pode levar a economias significativas de energia e reduzir as contas de serviços públicos para os residentes. Isso pode melhorar a qualidade de vida e a acessibilidade das moradias.

- **Políticas públicas e regulamentação:** O Brasil possui políticas e regulamentações relacionadas à eficiência energética, como a Etiqueta Nacional de Eficiência Energética (ENCE), através do Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE). A análise das oportunidades e desafios associados à implementação dessas estratégias pode fornecer informações valiosas para melhorar e adaptar as estratégias existentes.

- Conscientização e educação: Conscientizar e educar moradores, construtores e tomadores de decisão sobre a importância da eficiência energética em edifícios residenciais é fundamental para promover mudanças de comportamento e adoção de práticas mais sustentáveis.

3. OBJETIVOS DA PESQUISA

Objetivo: Pretende-se com este trabalho estudar a temática relacionada com a eficiência energética em edifícios de habitação no Brasil, refletir nas suas potencialidades e limitações, quer ao nível da normalização e regulamentação, formação e qualificação dos técnicos; e consolidar a informação obtida via fontes bibliográficas através de um experimento empírico, o qual seria a aplicação do questionário.

4. METODOLOGIA APLICADA

A metodologia adotada para esta dissertação inicia-se com uma revisão bibliográfica detalhada, na qual são examinados documentos acadêmicos, artigos científicos, relatórios de instituições governamentais e estudos de caso relevantes. O foco principal recai sobre a eficiência energética em edifícios, abrangendo aspectos como inovações tecnológicas em sistemas de climatização, padrões de isolamento térmico, e práticas sustentáveis na construção civil. Além disso, a capacitação técnica dos profissionais envolvidos e as atitudes e comportamentos dos usuários finais em relação à eficiência energética são explorados.

Posteriormente, a pesquisa avança para uma análise qualitativa e quantitativa das principais questões ligadas à eficiência energética em edifícios residenciais brasileiros. Para isso, é desenvolvido e aplicado um questionário estruturado, direcionado a moradores de diferentes tipos de habitação em uma região específica do Brasil, visando captar percepções, práticas e desafios enfrentados pelos usuários em relação à eficiência energética em suas residências.

Finalmente, a dissertação é progressivamente elaborada, integrando os dados coletados na revisão bibliográfica com os resultados obtidos através do questionário e do estudo comparativo. Esta integração permite a elaboração de conclusões fundamentadas e a proposição de recomendações práticas para a melhoria da eficiência energética em edifícios de habitação no Brasil.

5. EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFÍCIOS NO BRASIL

O uso eficiente de energia e a sustentabilidade estão intimamente ligadas, assim como estão ligadas com outros âmbitos da sociedade, conforme mostra a Figura 02. A economia de energia, quando associada à produção por meio de fontes limpas e renováveis, pode atenuar danos ambientais e preservar recursos para o futuro. No entanto, a conscientização e a implementação de políticas públicas são essenciais para um futuro sustentável. As autoridades, empresas e cidadãos devem colaborar para superar os desafios para otimizar o uso de energia, entendendo a energia como um bem econômico e sujeito às regras de mercado. A educação e conscientização da população sobre a importância do uso racional de energia são fundamentais para fomentar práticas sustentáveis em toda a sociedade.

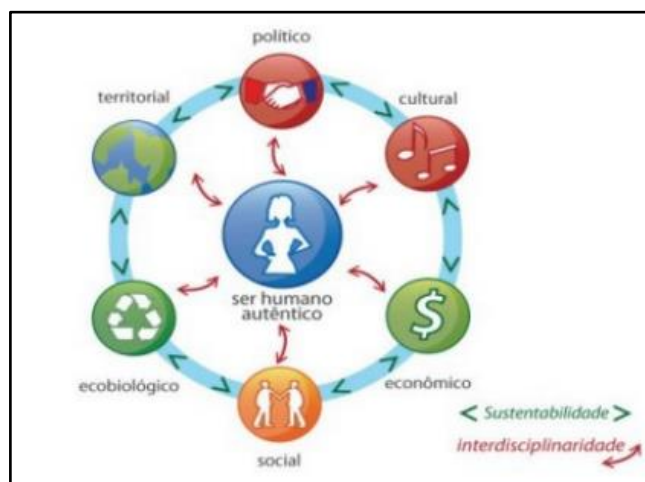


Figura 02: Relação entre o ser humano e setores sociais. **Fonte:** Santos (2019).

Para a IEA (2022), a "primeira fonte de energia" é a eficiência energética, e pode contribuir significativamente para a redução das emissões de gases de efeito estufa e para a melhoria da qualidade de vida da população (SILVA, 2018). A Figura 03 nos apresenta os variados tipos de gases que estão presentes na atmosfera.

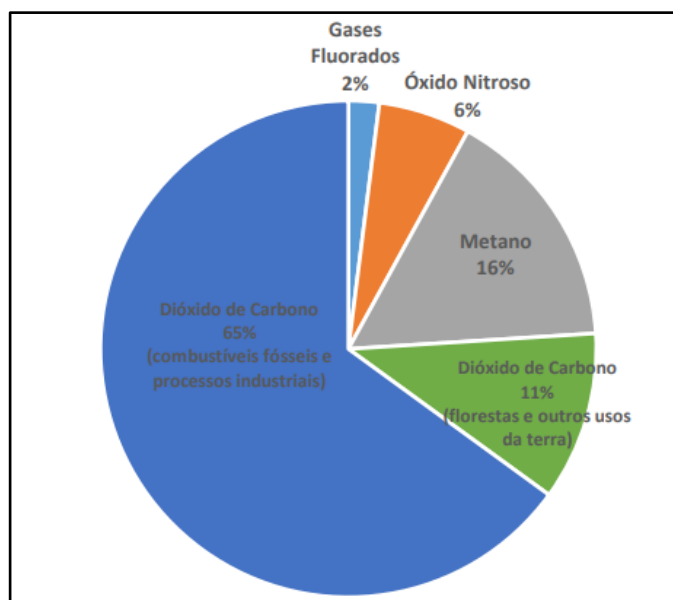


Figura 03: Os tipos de gases presentes na atmosfera, em porcentagem. **Fonte:** Lima (2019).

A sustentabilidade energética também pode contribuir para a criação de empregos e para o desenvolvimento de novas tecnologias e serviços relacionados à eficiência energética. Além disso, pesquisas sobre o tema em edifícios para as necessidades futuras de energia, especialmente no decorrer do ciclo de vida planejado de cada edificação, são de fundamental importância (CASAGRANDE e ALVAREZ, 2013 apud SOARES et al., 2021).

Como outro exemplo do impacto da redução do consumo energético, no caso de países membros da IEA, eles economizam, em média, U\$490 per capita em um total de U\$540 bilhões gastos com energia em 2015, como resultado de ganhos com eficiência energética desde 2000. Além disso, 1,5 bilhão de toneladas de CO₂ foram evitadas em 2015, e 13 GtCO₂ desde 2000 (IEA, 2016 apud SILVA, 2018).

Utilizar a energia de maneira racional é crucial para fomentar um desenvolvimento sustentável, minimizar impactos ambientais, reforçar a segurança no fornecimento de energia e impulsionar a geração de empregos. Por meio de políticas públicas e regulamentações, a otimização do uso de energia pode ser garantida e incorporada aos planos energéticos de nações globalmente, trazendo benefícios para a economia, o meio ambiente e a qualidade de vida das populações. De acordo com a IEA (2016), a gestão eficiente de energia deve ser um componente chave no planejamento energético dos países, fortalecida através de estratégias tanto públicas quanto privadas.

No Brasil, a adoção de práticas para um uso mais eficaz de recursos energéticos é vital para assegurar a competitividade do país e para a modernização do setor energético. Aumentar a eficiência no consumo de energia pode diminuir a demanda energética em até 10% até 2030, evitando a necessidade de construir novas usinas e linhas de transmissão (BRASIL, 2020). Além disso, aprimorar a performance energética pode levar à redução dos custos com eletricidade, beneficiando especialmente famílias de baixa renda, que frequentemente destinam uma maior parcela de seus rendimentos para despesas energéticas. Implementar medidas para melhorar o uso da energia pode cortar o consumo em até 30%, resultando em uma diminuição significativa nas contas de luz e, por consequência, na redução das emissões de gases de efeito estufa (GEE), tendo em vista que o setor energético foi responsável por emitir 23,24% desses gases (MAGALHÃES e DOMINGUES, 2015), conforme ilustrado na Figura 04:

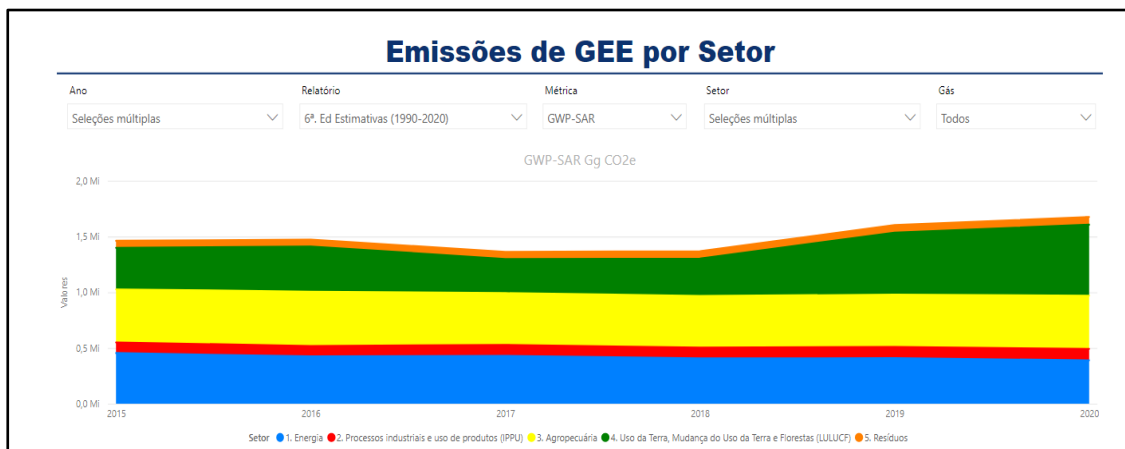


Figura 04: Emissões de GEE por setor, onde a cor azul representa o setor energético.

Fonte: Brasil (2021).

A demanda nacional e mundial por energia tende a aumentar em torno de 71% entre os anos de 2003 e 2030. Nesse cenário, pesquisas de eficiência energética em edifícios para as necessidades futuras de energia, especialmente no decorrer do ciclo de vida planejado de cada edificação, são de fundamental importância (CASAGRANDE & ALVAREZ, 2013 apud SOARES et al, 2021). Para tanto, os próximos tópicos estudarão o contexto que o Brasil tem atualmente, desde o nível socioeconômico ao nível energético, e conferir as condições que o país tem de receptividade às medidas de eficiência energética.

5.1. CONTEXTO SOCIOECONÔMICO

A situação socioeconômica do Brasil é complexa e multifacetada. O país é caracterizado por uma grande desigualdade social e econômica, com uma parcela significativa da população vivendo abaixo da linha da pobreza. O Brasil também enfrenta desafios relacionados à educação, saúde, segurança e meio ambiente. Além disso, a economia brasileira tem sido afetada por crises financeiras e políticas, incluindo a recessão econômica que teve início em 2014 e a pandemia da COVID-19. Atualmente, o Brasil está com uma inflação acumulada dos últimos 12 (doze) meses de 4,65%. No entanto, o Brasil também possui uma economia diversificada e recursos naturais abundantes, além de uma população jovem e empreendedora, o que oferece oportunidades para o crescimento e o desenvolvimento (BRASIL, 2022a).

O país possui uma população de 213.317.639 pessoas e um PIB per capita de R\$35.935,69 ou 10.152 US\$/hab. O Índice de Escolarização é de 99,7% da população, mostrando que a maioria dos brasileiros tem acesso à educação, embora a qualidade ainda seja um desafio. E por consequência disto, a desigualdade social é um dos maiores desafios do Brasil. Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2023), em 2020, a renda média dos 10% mais ricos era cerca de 14 (catorze) vezes maior do que a renda média dos 40% mais pobres. Além disso, o país tem uma das maiores taxas de desigualdade de renda do mundo, atrás apenas de países como África do Sul e Namíbia.

O conhecimento sobre o contexto social do país é diretamente proporcional à promoção de medidas de eficiência nas residências, uma vez que, como será exposto mais adiante, há uma relação direta entre a aplicação de tais medidas e o poder aquisitivo da população; ou entre o nível de instrução, por exemplo. E para além do contexto social, o contexto climático influencia diretamente na aplicação de medidas de eficiência energética.

5.2. CONTEXTO CLIMÁTICO

O Brasil é um país que apresenta uma grande variedade de climas (Figura 05), resultado de sua extensão territorial e das diferentes características geográficas que influenciam o clima em cada região. Essa variedade climática se deve a fatores como a latitude, longitude, altitude, relevo, oceanos e massas de ar que atuam sobre o território

brasileiro. Seu clima é majoritariamente tropical, com exceção das regiões sul do país que apresentam um clima subtropical.



Figura 05: Os diferentes tipos de climas brasileiros. Fonte: Brasil (2023).

A região Norte do Brasil, por exemplo, é caracterizada pelo clima equatorial, que é quente e úmido durante todo o ano, além de possuir a maior bacia hidrográfica do mundo e a maior floresta tropical do mundo. O INMET destaca que essa região apresenta temperaturas médias anuais acima de 25°C e chuvas bem distribuídas ao longo do ano, com média anual superior a 2.000 mm. Já o Nordeste brasileiro é marcado pelo clima semiárido, com chuvas escassas e irregulares, temperaturas elevadas e elevada incidência de radiação solar. Nessa região, as secas são um problema recorrente, impactando diretamente a vida da população e a economia local (BRASIL, 2022b).

As regiões Sudeste, Sul e Centro-Oeste apresentam um clima tropical, com duas estações bem definidas ao longo do ano: verão e inverno. No verão, ocorrem as chuvas, enquanto no inverno há um período mais seco. O clima subtropical, presente em grande parte da região sul, é caracterizado por temperaturas mais baixas, com média anual de 18°C, e um inverno mais rigoroso, com formação de geadas e neve em alguns locais. O relevo também exerce influência significativa no clima do Brasil, com as regiões de planície apresentando temperaturas mais elevadas do que as regiões montanhosas. Segundo o Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil (2020), o relevo é um dos

principais responsáveis pelas diferenças climáticas no país, já que a altitude afeta diretamente as temperaturas e as precipitações (BRASIL, 2022b).

Segundo o Instituto Nacional de Meteorologia (2022), o Brasil possui seis tipos climáticos, que são: equatorial, tropical, semiárido, subtropical, tropical litorâneo e tropical de altitude; além do país ser dividido por dois paralelos: a linha do Equador, que divide o planeta em hemisfério norte e sul; e o trópico de Capricórnio. No entanto, a diversidade climática do país vai além dessas classificações, apresentando subtipos e variações regionais, além de possuir seis biomas: Amazônia, Cerrado, Caatinga, Mata Atlântica, Pantanal e Pampa.

Segundo Dornelles e Roriz (2007), o Brasil possui grande diversidade climática e cada região possui soluções construtivas específicas, sendo necessário o estudo e conhecimento dessas peculiaridades para diminuir a construção de edifícios com baixo desempenho térmico e recorrentes ao uso exagerado da energia elétrica. Diante do cenário climático e socioeconômico, as energias renováveis e sua integração em edificações tornam-se uma oportunidade para o desenvolvimento sustentável e a melhoria da qualidade de vida no país.

Considerando que a extensão territorial do Brasil corresponde a 8,516,000 km² (oito milhões, quinhentos e dezesseis mil quilômetros quadrados), de acordo com a UNESP (2012), é fundamental entender a complexidade do clima do país e buscar soluções que levem em conta suas particularidades e desafios. De acordo com dados oferecidos pela Norma de Desempenho NBR 15575 (2013), o Brasil possui oito tipos de zonas bioclimáticas (são zonas estimadas justamente para o estudo lumínico e térmico em edificações), sendo a maior destas a zona Z8, ocupando quase toda a região norte e parte do nordeste brasileiro (Figura 06), além de possuir índices de radiação solar relativamente consideráveis. A Figura 07 apresenta a temperatura média da capital de cada unidade federativa representada.

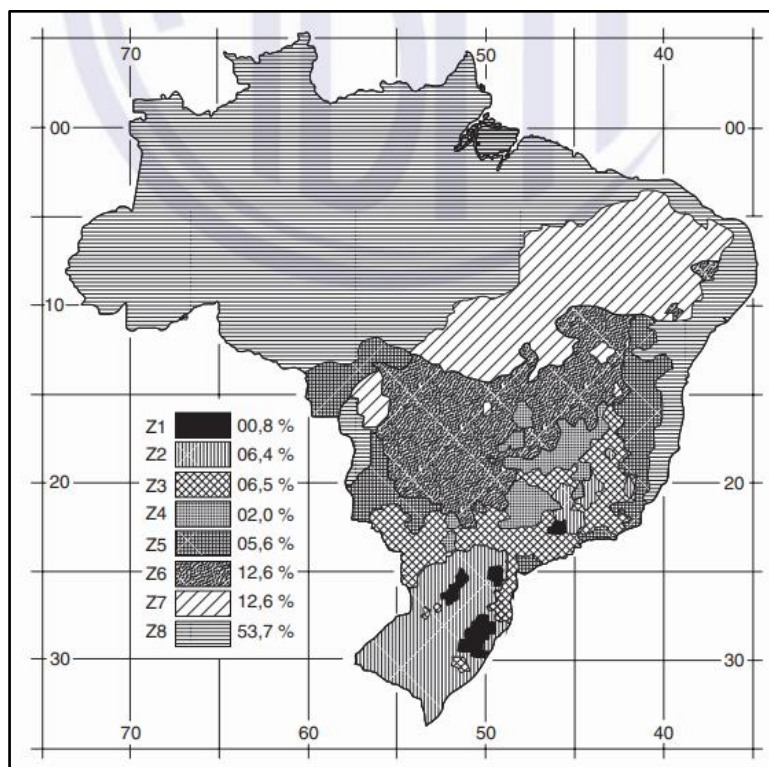


Figura 06: Zonas Bioclimáticas Brasileiras. Fonte: NBR 15575-1 (2013). Fonte: NBR 15575.

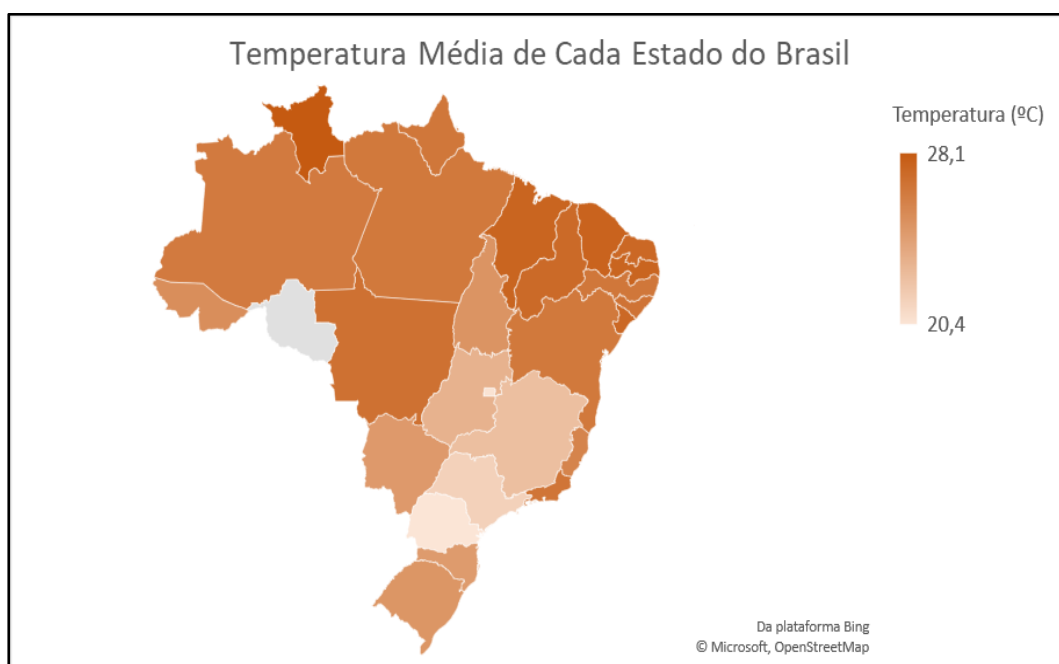


Figura 07: Temperatura Média de cada estado. Fonte: Adaptado de USP (2012).

O Brasil é um país que possui variedades de climas, biomas; portanto as residências de cada região irão possuir características próprias de adaptabilidade ao ambiente em que se encontra, podendo adotar com mais facilidade ou não, as medidas de eficiência energética e conforto térmico. Mas para além de conhecer o contexto climático do Brasil, é necessário se conhecer como se encontra a situação hodierna do país com relação às matrizes energéticas e principalmente, ao consumo de energia predominante do país, abordados no tópico seguinte.

5.3. CONTEXTO ENERGÉTICO RESIDENCIAL

O Brasil conta com grande participação de fontes renováveis, embora a proporção de energia produzida a partir de fontes não renováveis tenha aumentado nos últimos anos devido à exploração do pré-sal (KORZENIEWICZ, 2021). De acordo com o Atlas de Eficiência Energética (2022), de 100% da energia total utilizada pelas residências brasileiras, 46% provêm de fontes elétricas, 26% de GLP e 24% de lenha, como apresenta a Figura 08.

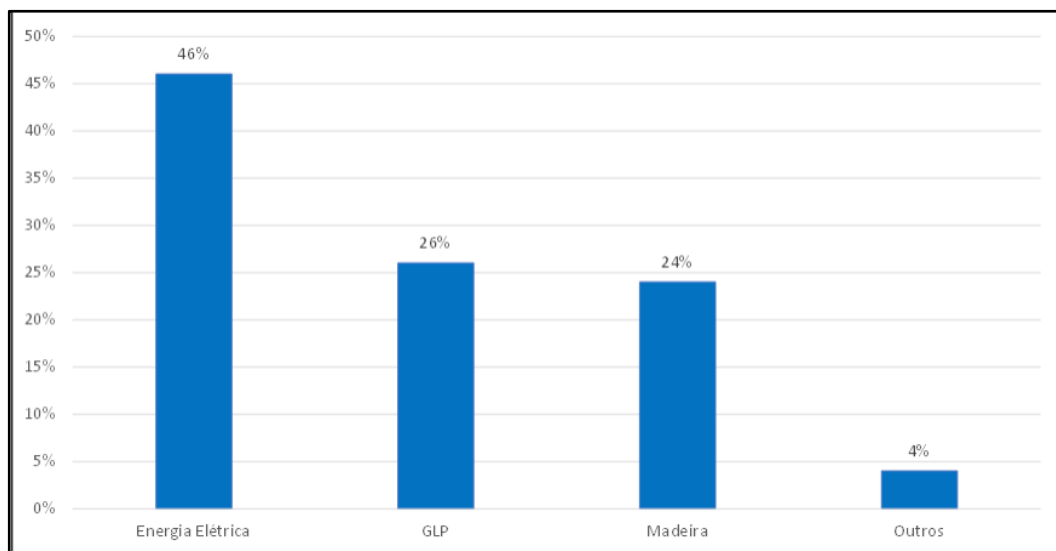


Figura 08: Fontes de Energia Residencial no Brasil. Fonte: Adaptado de Brasil (2021).

A economia de eletricidade obtida por meio da arquitetura bioclimática pode alcançar 30% em edificações já existentes (se passarem por readequação e modernização) e até 50% em prédios novos que contemplem essas tecnologias desde o projeto (AGUILAR, 2018).

Em 2019, o setor residencial foi responsável por 8,8% do consumo final de energia total, e o setor comercial por 6,9%, com a eletricidade sendo a principal fonte de

energia em ambos os setores. A geração distribuída de energia, proveniente das próprias residências e não de uma fonte centralizada, e geralmente de placas fotovoltaicas, cresceu significativamente entre 2020 e 2021, atingindo 9.810 GWh em 2021, um aumento de 88,3%. O consumo de energia elétrica no setor residencial variou em 1,09% entre 2020 e 2021 (BRASIL, 2022a).

O Plano Nacional de Eficiência Energética (2022) aborda um estudo realizado pelo PROCEL, em 2005, com o principal objetivo de identificar a tipologia de posse e coletar informações sobre o uso de equipamentos elétricos através de questionários aplicados em campo. Esses dados foram reunidos no relatório "Avaliação do Mercado de Eficiência Energética no Brasil – Pesquisa de Posse de Equipamentos e Hábitos de Uso" (PROCEL, 2007), que levou às seguintes conclusões:

- 80,9% dos domicílios brasileiros utilizavam algum método de aquecimento de água para o banho;
- 73,5% desses sistemas de aquecimento empregavam energia elétrica;
- 5,9% usavam gás; 0,4% adotavam aquecimento solar.

É importante salientar que, entre os sistemas que utilizam energia elétrica para aquecimento, 99,6% eram chuveiros elétricos. O estudo também revelou que a região Norte possuía muito poucos chuveiros elétricos por domicílio, aproximadamente 0,05 por residência. Por outro lado, as regiões Centro-Oeste, Sudeste e Sul apresentaram uma média superior a uma unidade por domicílio. A região Sul registrou a maior quantidade de chuveiros elétricos, com 1,17 unidades por domicílio.

Tendo o conhecimento de como o brasileiro se porta com o consumo residencial de energia, o próximo tópico aborda a evolução do país na criação de órgãos de fiscalização e/ou certificação; no desenvolvimento de leis e decretos que direcionam o uso eficiente de energia por parte do brasileiro.

5.4. HISTÓRICO E EVOLUÇÃO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFÍCIOS DE HABITAÇÃO

Em relação à eficiência energética, o Brasil ainda tem um longo caminho a percorrer. Segundo o Relatório de Situação Global de Energia, publicado pela Agência Internacional de Energia (IEA) em 2021, o Brasil ocupa a posição de número 28 no ranking mundial de eficiência energética, com uma pontuação de 64,5 em um índice que varia de 0 a 100. Para efeitos de comparação, até o ano de 2020, Portugal assumia a 19ª posição, com 92.2 pontos.

A Figura 09 apresenta dados provenientes da EPE (Empresa de Pesquisa Energética), do Ministério de Minas e Energia, que mostram o quanto o governo brasileiro tem investido em políticas públicas para promoção de eficiência energética. O investimento acumulado em 12 (doze) anos é de 8,5 bilhões de reais. Porém, comparando com outros setores energéticos, é possível perceber que o segmento de eficiência energética é o que menos foi investido de todos os demais segmentos.

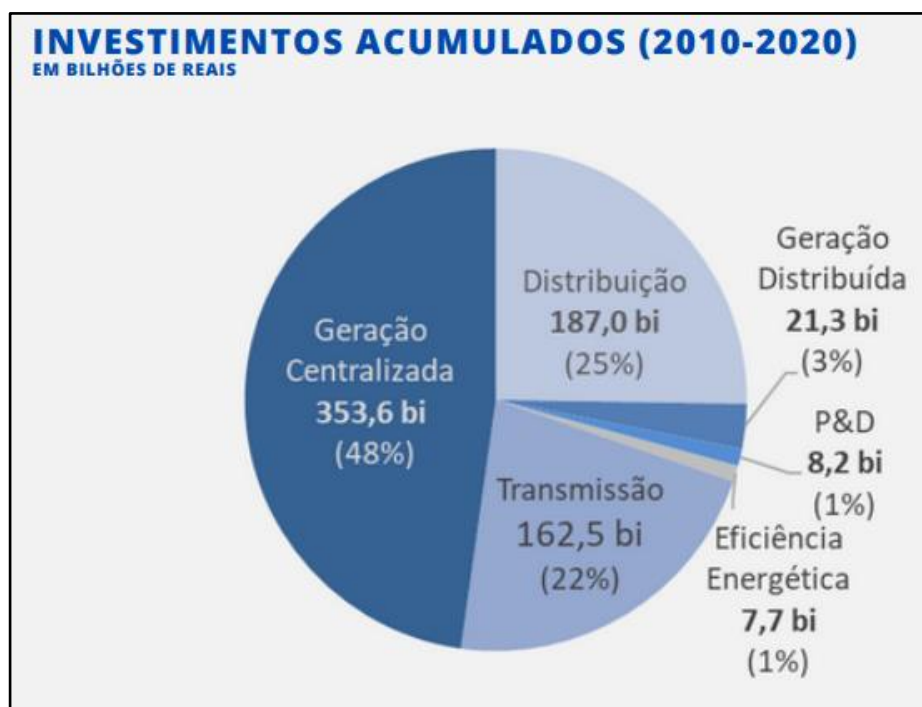


Figura 09: Investimentos acumulados em vários segmentos de energia. Fonte: BRASIL, 2022a.

A eficiência energética em edifícios de habitação no Brasil tem sido uma questão importante nas últimas décadas, tanto devido às preocupações ambientais quanto às

crecentes demandas por energia. A busca por soluções mais eficientes no uso de energia elétrica em edifícios residenciais tem sido um tema de destaque na agenda do governo e de empresas do setor energético. Neste contexto, a eficiência energética em edifícios de habitação tem se tornado uma prioridade em políticas públicas e em programas governamentais.

A primeira grande inflexão neste cenário ocorreu com os choques do petróleo de 1973-74 e 1979-81. Estes eventos globais trouxeram à tona a fragilidade da dependência petrolífera, fazendo emergir uma nova consciência sobre a escassez de recursos energéticos e a consequente necessidade de diversificar as fontes de energia. Diante da abrupta alta dos preços, tornou-se imperativo para o Brasil buscar ações voltadas à conservação e a um uso mais eficiente dos derivados de petróleo.

Em meio a essa busca por soluções, em 1984, o Inmetro – vinculado ao Ministério da Indústria e do Comércio Exterior – deu um passo significativo ao implementar o Programa de Conservação de Energia Elétrica em Eletrodomésticos. Esse programa tinha como principal objetivo incentivar a redução do consumo de energia em equipamentos cotidianos, como refrigeradores e condicionadores de ar. Não muito tempo depois, em 1985, foi instituído o PROCEL, cuja atuação inicial se pautou na disseminação de conhecimento por meio da publicação e distribuição de manuais focados na conservação energética. Esse compromisso com a eficiência evoluiu e, em 1992, o programa inicial do Inmetro foi reconfigurado e passou a ser conhecido como Programa Brasileiro de Etiquetagem. Além de manter sua essência original, novos requisitos de segurança foram incluídos, bem como a definição de índices mínimos de eficiência energética. No ano seguinte, o Governo Federal instituiu o Prêmio Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia, reconhecendo e incentivando esforços na promoção da eficiência energética em diversos setores da sociedade.

A partir da década de 1990, o Brasil passou a adotar medidas para melhorar a eficiência energética em edifícios residenciais. Em 1993, o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL) foi criado com o objetivo de promover a eficiência energética no país, com ênfase no setor residencial. A partir de então, diversas iniciativas foram lançadas para promover a eficiência energética em edifícios de habitação, incluindo programas governamentais, certificações e incentivos fiscais.

Um marco importante na promoção da eficiência energética em edifícios residenciais no Brasil foi a criação do Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE) em 1993. O PBE é um programa de etiquetagem que classifica os eletrodomésticos e

aparelhos eletrônicos em relação ao consumo de energia, fornecendo informações para que os consumidores possam fazer escolhas mais conscientes e economizar energia em suas residências. Desde sua criação, o PBE se tornou um dos principais programas de eficiência energética no país.

A busca por uma gestão energética mais eficaz e centralizada culminou, em dezembro de 1996, na criação da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) pela Lei nº 9.427. Esse marco representou uma reconfiguração institucional no setor. Avançando para o novo milênio, em 2000, a Lei nº 9.991 estabeleceu a obrigatoriedade de investimentos em programas de eficiência energética para as distribuidoras de energia elétrica brasileiras. Apenas um ano depois, em 2001, o país consolidou seu compromisso com a causa ao promulgar a Lei da Eficiência Energética, que delineia a política nacional voltada para o uso racional e eficiente da energia.

Vale ressaltar que esta lei ocorreu devido à crise que houve no Brasil no início dos anos 2000. De acordo com Maginador (2017), uma extensa área do Brasil, englobando suas regiões mais prósperas, enfrentou interrupções no fornecimento de energia devido à intensa seca e à falta de planejamento e medidas de eficiência energética. Para Tolmasquim (2000), esta crise surgiu naturalmente do desequilíbrio entre o aumento do consumo de energia e o crescimento da capacidade instalada. Portanto, para garantir a justiça e prevenir interpretações errôneas, é vital enfatizar que a responsabilidade pela situação presente não se deve a uma operação inadequada do sistema, mas sim à insuficiente ampliação do sistema elétrico. E diante desse cenário, o presidente da república do Brasil na época, Fernando Henrique Cardoso, solicitou à população uma diminuição no uso de energia em 20% e implementou várias estratégias relacionadas.

Outra iniciativa importante para a promoção da eficiência energética em edifícios de habitação foi a criação do Programa de Certificação de Edificações (PBE Edifica) em 2008, que é coordenado pelo Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO). O programa tem como objetivo estabelecer critérios de eficiência energética para edifícios de habitação, certificando aqueles que atendem a esses critérios. O PBE Edifica tem contribuído significativamente para a melhoria da eficiência energética em edifícios residenciais no Brasil, incentivando a adoção de soluções mais eficientes no uso de energia.

A ampliação do foco sobre o setor energético se evidencia ainda na criação da Empresa de Pesquisa Energética – EPE, em 2004. Esta entidade tem como prerrogativa conduzir estudos e pesquisas para subsidiar o planejamento energético nacional. Já em

2005, a ANEEL determinou que ao menos 50% dos recursos voltados para eficiência energética deveriam ser destinados a consumidores residenciais de baixa renda, um direcionamento que foi ampliado em 2010, estipulando um mínimo de 60% desses recursos para esse público através da Lei nº 12.212.

Para melhor ilustrar os períodos supracitados, será apresentado uma linha do tempo concernente à eficiência energética que envolvam os principais eventos que impactaram o desenvolvimento da eficiência energética, como mostra a Figura 10.

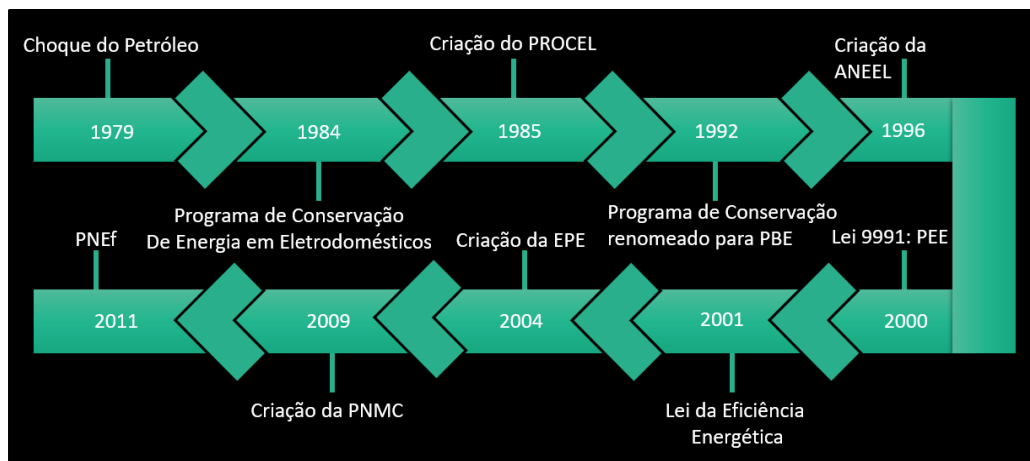


Figura 10: Linha do tempo dos principais fatores que influenciaram a Eficiência Energética nos Edifícios. Fonte: Autoria Própria.

Por fim, em 2010, foi instituída a Norma de Desempenho (NBR 15.575), que estabelece os requisitos mínimos para o desempenho de edificações habitacionais e define os critérios de avaliação do desempenho de diversos sistemas e componentes construtivos. Essa norma trouxe uma mudança significativa no mercado da construção civil, pois passou a exigir que as edificações cumprissem requisitos mínimos de eficiência energética. Atualmente, o Brasil conta com diversas iniciativas e programas voltados para a eficiência energética em edifícios de habitação.

Além do Procel Edifica, destacam-se também o Programa de Certificação de Edifícios (PBE Edifica), criado em 2011, que certifica edifícios de acordo com o seu desempenho energético, e o Programa da Caixa que confere o Selo Casa Azul, lançado em 2012, que visa incentivar a adoção de práticas sustentáveis na construção e reforma de edifícios de habitação. No entanto, apesar dos avanços, ainda há muitos desafios a serem superados no Brasil no que diz respeito à eficiência energética em edifícios de

habitação. Segundo o Instituto Brasileiro de Defesa do Consumidor (Idec), a falta de informação e de incentivos financeiros ainda são grandes obstáculos para a adoção de medidas de eficiência energética em edifícios residenciais.

Vale ressaltar que a mencionada Instrução Normativa estabelece diretrizes e a aplicação da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) em obras e projetos de edifícios públicos federais com mais de 500m², seja para construções novas ou aquelas que passem por reformas modificando seus sistemas de luz, ar-condicionado ou sua estrutura externa. Assim, os projetos e a construção de novas edificações públicas federais devem ser elaborados ou contratados com o objetivo de alcançar, de forma compulsória, o nível "A" da ENCE Geral de Projeto e também o nível "A" da ENCE Geral de Edificação Construída (PBE Edifica, 2023).

O conhecimento sobre o histórico e a evolução da eficiência energética no país, dentre outras características, são tópicos a serem ensinados e, para isso, é necessário a educação, desde profissionais à pessoas leigas ao assunto de eficiência energética, para que a informação sobre o uso eficiente de energia seja difundida, no entanto o próximo tópico apresentará em qual realidade o país se encontra neste quesito.

5.5. EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM CONTEXTO EDUCACIONAL

A promoção da eficiência energética tem sido uma preocupação crescente em todo o mundo, especialmente em meio às mudanças climáticas e ao esforço coletivo para reduzir a emissão de gases de efeito estufa. As edificações, como parte essencial de nossas cidades e comunidades, têm um papel fundamental nesse cenário. Uma comunidade que tenha informação e sensibilidade para o uso eficiente de energia economiza entre 10% a 15% (BRASIL, 2022d). Entretanto, ao se investigar a oferta de cursos sobre eficiência energética disponíveis, constatou-se uma lacuna no que se refere especificamente à eficiência em edificações. Fato este comprovado pelo próprio Plano Nacional de Eficiência Energética. O relatório vislumbra alguns desafios e propõe algumas ações, tais como definir o formato e o currículo do curso de capacitação para os professores da Educação Básica, desenvolver metodologias de avaliação de resultados para os projetos junto às escolas da Educação Básica; incluir disciplina cativa de Eficiência Energética em cursos superiores de Ciência e Tecnologia, como arquitetura e engenharias elétricas, civil, mecânica e semelhantes; além de propor ao PROCEL que atue com Eficiência Energética na Formação Profissional (níveis técnico e superior). Se o Plano propõe tais ações e/ou os enxergam como desafios a serem superados, significa que ainda não há uma implementação definitiva deles.

No entanto, alguns cursos esporádicos foram encontrados, os quais abordam o tema do uso eficiente de energia. Dentre os cursos encontrados em algumas plataformas, destacam-se a GIZ (sigla em alemão para Sociedade de Cooperação Internacional) e ONEE (Olimpíada Nacional de Eficiência Energética). Esta última visa informar e educar sobre o consumo racional de energia, almejando a formação de uma geração de consumidores mais conscientes. Nota-se, contudo, que a maioria dos cursos oferecidos têm curta duração, muitos deles com apenas um dia ou algumas horas para conclusão. Esse formato sugere que os cursos podem não abordar o tema com a profundidade necessária para uma aplicação prática robusta em projetos e edificações.

Já a GIZ merece destaque pelo seu papel global e específico no Brasil. A GIZ, como prestadora de serviços na área de cooperação internacional para o desenvolvimento sustentável, possui mais de 50 anos de experiência em diversas áreas, como desenvolvimento econômico, promoção de emprego, energia, meio ambiente, paz e segurança. Seu trabalho é reconhecido globalmente, sendo comissionada por instituições

como o Governo Alemão, a União Europeia, as Nações Unidas, entre outros. No Brasil, o foco do trabalho da GIZ se concentra em energias renováveis e eficiência energética.

No que concerne à formação universitária, realizou-se uma investigação extensa no Ministério da Educação e Cultura, com o intuito de localizar ementas e/ou documentos que abordassem o assunto em questão dentro do contexto universitário. O foco principal foi entender a profundidade com que o tema da eficiência energética é tratado nas universidades brasileiras, especialmente considerando sua importância crescente em uma sociedade cada vez mais consciente de sua responsabilidade ambiental. Entretanto, a investigação não resultou em nenhuma evidência de que as universidades sejam legalmente obrigadas a incluir a eficiência energética em seus currículos. Apesar da importância da eficiência energética na arquitetura e urbanismo, as universidades têm uma grande liberdade para determinar a composição de seus próprios currículos.

Para o curso de arquitetura, a Lei Nº 12378, de 2010 define as principais atribuições do arquiteto e urbanista. Notavelmente, de acordo com os itens X e XI, estas atribuições incluem aspectos de Conforto Ambiental, referindo-se ao estabelecimento de condições climáticas, acústicas, lumínicas e ergonômicas para a concepção, organização e construção dos espaços. Também se estende ao Meio Ambiente, abrangendo o estudo e avaliação dos impactos ambientais, licenciamento ambiental, utilização racional dos recursos disponíveis e desenvolvimento sustentável.

Considerando que a população alvo do presente trabalho é de Belo Horizonte, optou-se por realizar uma pesquisa adicional no site da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), uma das principais instituições de ensino da região. A investigação revelou a existência de algumas disciplinas que abordam eficiência energética no curso de arquitetura da UFMG. Essa descoberta sugere que, embora não exista uma obrigação legal, algumas universidades estão reconhecendo a importância da eficiência energética e a incluindo em seus currículos, em sintonia com as necessidades e demandas do campo da arquitetura e urbanismo no século XXI.

Na UFMG, para o curso de Arquitetura, foram identificadas algumas disciplinas relevantes para a temática de eficiência energética, de acordo com a página web do curso:

- A disciplina optativa denominada "Sistemas Tecnológicos em Conforto Ambiental e Eficiência Energética", com carga horária de 30 horas, enfatiza a análise de sistemas construtivos adequados para zonas bioclimáticas, especialmente aquelas localizadas no território mineiro, com foco no setor residencial. Além disso, esta disciplina oferece estudos sobre a eficiência de

sistemas de fachadas duplas ou ventiladas em clima tropical, levando em consideração o controle da transmissão térmica, iluminação natural e conforto acústico, bem como uma análise de custo-benefício de soluções para conforto ambiental e eficiência energética em edifícios.

- Ainda na UFMG, a disciplina optativa "Eficiência Energética das Edificações", com 15 horas de carga horária, destaca a eficiência energética e a sustentabilidade como seus principais pilares. Esta disciplina enfatiza a importância dos pressupostos projetuais para a garantia da eficiência energética das edificações. Ademais, a disciplina optativa "Eficiência Energética no Ambiente Construído", com 30 horas de carga horária, aborda conceitos, definições e aspectos relacionados à eficiência energética no ambiente construído, incluindo um panorama do consumo de energia, regulamentos e normas, além de energias renováveis e simulação de eficiência energética.
- Além dessas, a disciplina obrigatória "Conforto Térmico e Climatização de Ambientes", com carga horária de 45 horas, tem como objetivo o controle da qualidade térmica do ambiente construído, abordando noções de climatologia aplicada à Arquitetura e Urbanismo, dimensionamento de componentes para o desempenho térmico, eficiência energética e sustentabilidade.

No curso de Engenharia de Produção Civil do CEFET-MG, a disciplina optativa "Construção Sustentável e Impactos Ambientais na Construção", com 60 horas de carga horária, é a única que aborda efetivamente a temática de Eficiência Energética e Conforto Térmico. Nesta disciplina, discutem-se temas como a cadeia produtiva da construção civil, impactos ambientais, legislação ambiental, medidas mitigadoras, aproveitamento passivo dos recursos naturais na iluminação e conforto térmico e acústico, eficiência energética, gestão e economia da água, gestão dos resíduos gerados pelos usuários, qualidade do ar e do ambiente interior com uso de materiais biocompatíveis, conforto termoacústico e tecnologias eco inteligentes para controle de parâmetros ambientais.

Conforme as pesquisas realizadas sobre as resoluções e diretrizes para os cursos de Engenharia e Arquitetura de acordo com o Ministério da Educação (MEC), verificou-se que para os arquitetos, o conceito mais próximo de Conforto Térmico e/ou Eficiência Energética exigidos pelo MEC é encontrado no parágrafo segundo do artigo sexto do Parecer CNE/CES nº 1.362/2001, aprovado em 12 de dezembro de 2001, e por último alterado pela Resolução CNE/CES nº 1, de 26 de março de 2021. Segundo o documento,

o Núcleo de Conhecimentos Profissionais deve ser composto por diferentes campos de conhecimento que visam à formação da identidade profissional do egresso, incluindo: Teoria e História da Arquitetura, Urbanismo e Paisagismo; Projeto de Arquitetura, Urbanismo e Paisagismo; Planejamento Urbano e Regional; Tecnologia da Construção; Sistemas Estruturais; *Conforto Ambiental*; Técnicas Retrospectivas; Informática Aplicada à Arquitetura e Urbanismo; e Topografia.

Perante o exposto no presente tópico com relação ao ensino sobre eficiência no Brasil, o próximo assunto expõe o reflexo da falta de ensino sobre o uso eficiente de energia no contexto tecnológico e profissional, apresentando algumas debilidades existentes no mercado perante esta realidade; mas também apresentará a que nível o país se encontra na adoção de medidas de eficiência por parte dos residentes.

5.6. TECNOLOGIAS E PRÁTICAS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

A eficiência energética é alcançada através de uma série de tecnologias e práticas inovadoras que visam reduzir o consumo de energia sem comprometer o desempenho ou a qualidade de vida dos usuários. Essas tecnologias e práticas são aplicáveis em diversos setores, como edificações, indústria, transporte e iluminação pública. Atualmente, as tendências em construção sustentável seguem duas direções distintas: a utilização de materiais e tecnologias vernáculas promovida pelos centros de pesquisa em tecnologias alternativas e o investimento empresarial em "empreendimento verdes" que buscam obter certificações de sustentabilidade para edifícios e projetos urbanos (CRUZ, 2018).

No setor de edificações, a aplicação de tecnologias e práticas de eficiência energética pode resultar em reduções significativas no consumo de energia elétrica de origens não renováveis e na redução das emissões de gases de efeito estufa. Algumas das principais tecnologias e práticas incluem isolamento térmico, sistemas de iluminação eficiente, sistemas de aquecimento e refrigeração eficientes e uso de energias renováveis, além de práticas de gestão de energia, como auditorias energéticas, implementação de planos de conservação de energia e ações de conscientização dos usuários do edifício sobre a importância da economia de energia (CRUZ, 2018; AGUILAR, 2018). Também foi destacado as principais estratégias que podem ser adotadas para minimizar os efeitos térmicos nas edificações, segundo Lima (2019), conforme mostra a Figura 11.

- Isolamento térmico nas fachadas com materiais isolantes;
- Proteção solar externa nas janelas por meio de brises horizontais, verticais ou mistos;
- Proteção solar interna nas janelas por meio de persianas;
- Material das janelas de alto desempenho;
- Uso de tinta branca, pois reflete a luz e não o calor;
- Ventilação natural através das esquadrias.

Figura 11: Algumas estratégias de mitigação e controle térmico em uma edificação.

Fonte: Lima (2019).

Os governos estão a implementar políticas e regulamentações para promover a adoção de tecnologias mais eficientes, como padrões mínimos de eficiência energética para edifícios e veículos, incentivos fiscais para a compra de equipamentos mais eficientes e subsídios para projetos de melhoria da eficiência energética (IEA, 2022). Essas políticas e regulamentações estão a acelerar o desenvolvimento e a adoção de tecnologias inovadoras e eficientes em energia.

Apesar do Brasil ter sido notável por possuir uma alta proporção de fontes renováveis em seu fornecimento total de energia em comparação com o restante do mundo (Figura 12) e por possuir forte presença de energias renováveis na matriz energética brasileira, as quais se manteve estável, ultrapassando 40% durante as últimas duas décadas, ainda sim este patamar tem sido desafiador de ser sustentado. Entre 2011 e 2014, ocorreu um decréscimo na parcela de renováveis na matriz energética, devido à diminuição no fornecimento de energia proveniente de hidrelétricas.

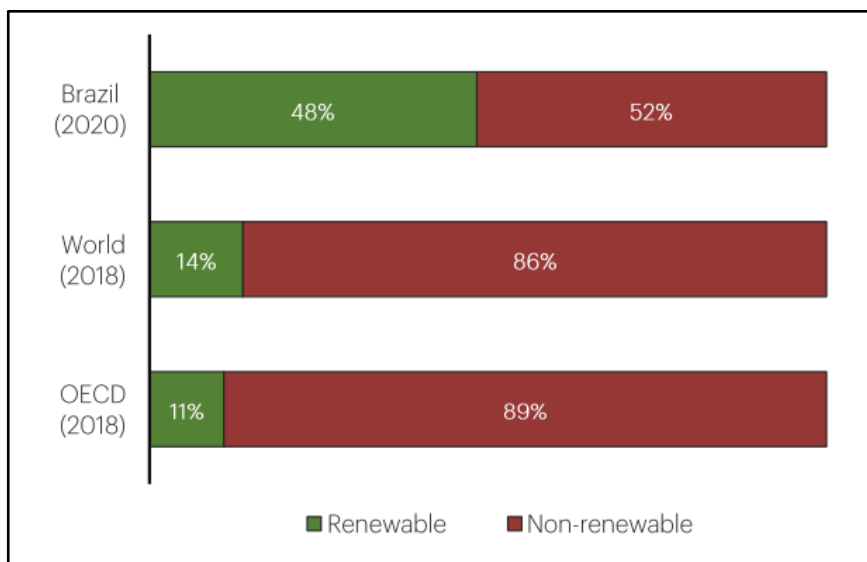


Figura 12: Porcentagem de Energias Renováveis no Brasil, países da OCDE e restante do Mundo. Fonte: BRASIL, 2022a.

A NBR 15575-1 orienta que as janelas de dormitórios devem possibilitar o controle da entrada de luz e calor, possuindo dispositivos externos à abertura, de forma a permitir o controle do sombreamento, escurecimento e ventilação, como por exemplo, venezianas. Essa norma também contribui para a eficiência energética em edificações ao estabelecer padrões para o uso de tecnologias e materiais que promovam a sustentabilidade e o consumo consciente de energia (BRASIL, 2013). A implementação de políticas e regulamentações para promover a eficiência energética é crucial para enfrentar os desafios das mudanças climáticas e alcançar um desenvolvimento sustentável. Uma das abordagens mais eficazes para aumentar a eficiência energética é substituir equipamentos antigos e ineficientes por aqueles de classes superiores no selo Procel de Economia de Energia (MARTINS e SILVA, 2022). A conscientização dos colaboradores e a realização de treinamentos também são essenciais para reduzir o desperdício energético e incentivar o uso consciente dos recursos (MAGINADOR, 2017).

Outra prática importante é considerar o consumo e a eficiência energética ao adquirir novos equipamentos e máquinas. O consumo de energia de uma edificação está diretamente relacionado à sua envoltória, e optar por equipamentos mais eficientes pode contribuir significativamente para a redução do desperdício no setor residencial (SOARES, 2014). A substituição de lâmpadas fluorescentes por lâmpadas LED e a instalação de placas fotovoltaicas para aproveitar a energia solar são exemplos de medidas

que podem ser adotadas para melhorar a eficiência energética (MARTINS e SILVA, 2022).

A energia renovável, a nível geral, tem um papel fundamental na transição para um sistema de energia mais sustentável e limpo. Portanto, pode ajudar a reduzir a dependência de combustíveis fósseis e diminuir a vulnerabilidade aos preços voláteis do petróleo e do gás. De acordo com Silva (2018), no Brasil, são incentivadas as fontes com base nas seguintes energias renováveis: hidráulica, solar, eólica, biomassa ou cogeração qualificada. A energia eólica vem ganhando espaço nos últimos anos, e o Brasil já ocupa a 8ª posição no ranking mundial de capacidade instalada de energia eólica, com uma capacidade instalada de 17,5 GW em 2020.

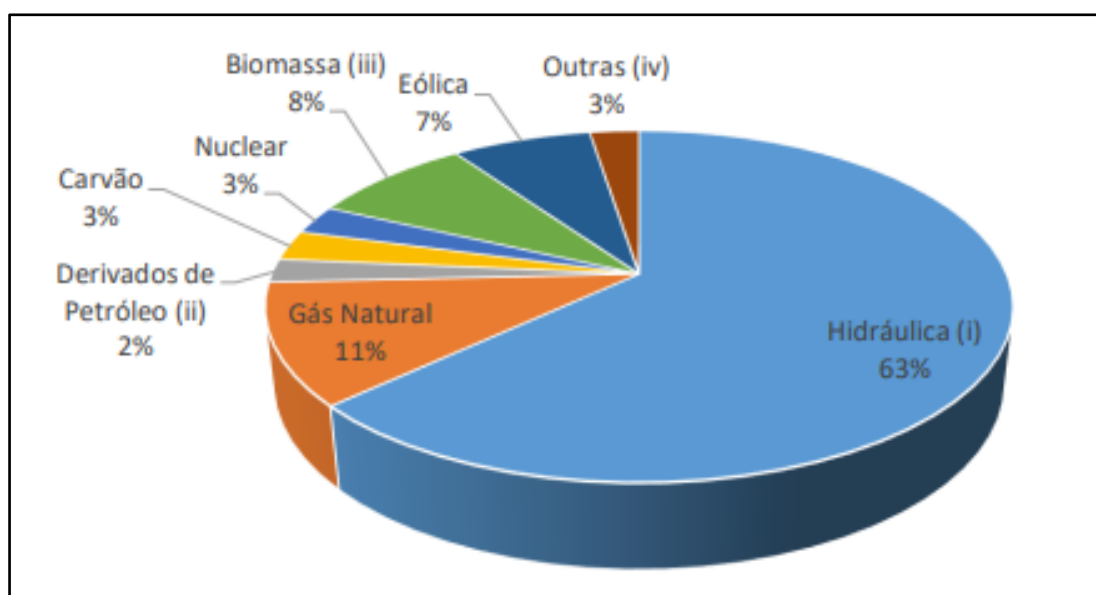


Figura 13: Comparação entre fontes de energia elétrica no Brasil. Fonte: Lima, 2019.

Assim como a figura acima, as fontes de energia renováveis têm sido uma alternativa promissora e importante para a diversificação da matriz energética global, além de ser fundamental na luta contra as mudanças climáticas e na busca por uma economia mais sustentável, e no setor residencial não diferencia. No Brasil, a utilização de energias renováveis, em especial a energia solar nas habitações, tem crescido significativamente nos últimos anos e o país tem potencial para se tornar um líder nesse setor, como será apresentado nos tópicos seguintes.

5.6.1. Estratégias Passivas

Estratégia passiva de eficiência energética refere-se ao conjunto de técnicas e abordagens utilizadas no design e construção de edifícios para aproveitar os recursos naturais e as características do ambiente, minimizando a necessidade de sistemas mecânicos ou elétricos ativos para aquecimento, resfriamento, iluminação ou ventilação. É válido ressaltar que, de acordo com Silva e Bebber (2022), a implementação das medidas de eficiência energética se dão ainda no projeto arquitetônico, pois é o momento da construção onde há uma melhor avaliação de custos, além de reduzir, indiretamente, a emissão de gases de efeito nocivo, uma vez que desde cedo, serão avaliadas quais fontes de energia serão utilizados.

Abordando algumas estratégias passivas e sua implementação no Brasil, tem-se:

- Ventilação cruzada: De acordo com o software Climate Consultant, ventilação cruzada é quando as aberturas de janelas estão posicionadas na direção dos ventos dominantes e são combinadas com aberturas no lado oposto de um cômodo ou estrutura, elas permitem a circulação natural do ar para renovação e resfriamento. Uma ventilação cruzada adequada pode remover o calor de uma área ou edifício, mantendo a temperatura interna aproximadamente 1,5 C° (2,7 F°) acima da temperatura externa.

Para maximizar a ventilação cruzada, é essencial que o design do edifício permita a livre circulação dos ventos. É crucial dar ênfase ao planejamento das aberturas para melhorar a entrada e a direção do fluxo de ar no espaço, bem como reduzir possíveis interferências na velocidade do vento. Logo, o projeto arquitetônico deve considerar o tamanho, formato, posição e tipo de esquadrias, juntamente com os dispositivos que permitem ao usuário direcionar e regular o fluxo de ar, bem como as aberturas de exaustão (BRASIL, 2022b). Vale ressaltar que a Norma de Desempenho Térmico NBR 15220 recomenda ao projetista arquitetônico que adote a ventilação cruzada em localidades quentes, já que pode-se economizar em até 90% a energia gasta para climatização.

O Brasil é um país receptivo a este tipo de estratégia passiva, uma vez que a velocidade média anual do vento em boa parte do país é entre 1 e 2 metros por segundo, o que é considerado ventos de brisa suave, como mostra a Figura 14. E ainda de acordo com dados da Eletrobrás (2023), a ventilação cruzada contribui com o conforto térmico dentro da residência.

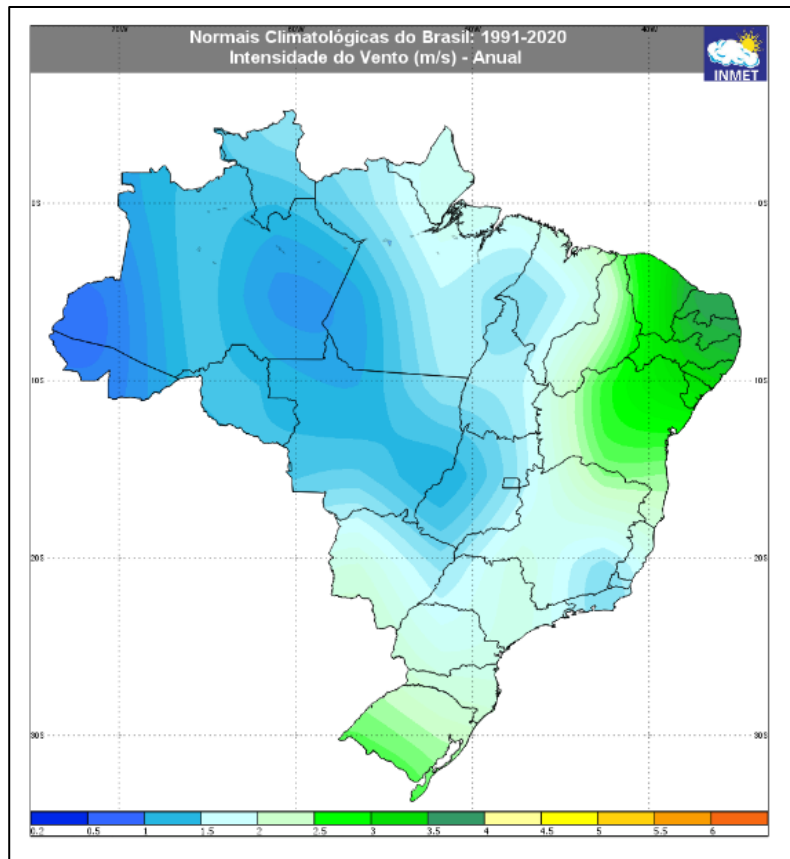


Figura 14: Velocidade média dos ventos no Brasil. Fonte: BRASIL, 2022b.

- **Proteção Solar:** Ainda de acordo com o software Climate Consultant (2023), a proteção solar refere-se a uma série de estratégias e dispositivos utilizados para proteger edifícios e espaços internos da incidência direta de luz solar, com o objetivo de melhorar o conforto térmico, reduzir o ganho de calor e minimizar a necessidade de refrigeração. A proteção solar pode ser tanto passiva quanto ativa, e sua implementação é crucial em regiões com alta incidência solar para garantir a eficiência energética e o conforto dos ocupantes.

A proteção solar é útil principalmente durante os meses quentes de verão. Uma proteção solar é constituída de beirais que protegem contra a incidência direta de luz solar nas janelas solares, diminuindo a necessidade de resfriamento; ou pode ser constituído também de persianas horizontais ou verticais. A ideia é que a obstrução solar seja apenas para o sol de verão. De acordo com dados da Eletrobrás (2023), a instalação de persianas externas ou venezianas torna-se o mais viável, pois gera uma economia de energia de aproximadamente 7% nos meses de verão (dezembro, janeiro e fevereiro). Vale ressaltar que mais de 35% das residências brasileiras possuem algum tipo de proteção solar

instalado, sendo a varanda acima da janela a proteção mais implementada, seguida das persianas externas.

- Iluminação Natural: De acordo com Oliveira (2019), a iluminação natural refere-se ao uso da luz do dia para iluminar espaços internos de edifícios, reduzindo a necessidade de iluminação artificial e, conseqüentemente, o consumo de energia. Além de benefícios energéticos, a iluminação natural pode melhorar o bem-estar e a produtividade dos ocupantes, pois a luz do dia tem qualidades psicológicas e fisiológicas benéficas para os seres humanos. De acordo com dados da Eletrobrás (2023), 70% das residências brasileiras possuem janelas em mais de uma fachada, e a orientação predominante das janelas é a norte (31%), seguida da direção leste (18%), sudeste (13%) e nordeste (12%). Tais orientações fazem sentido considerando que o sol nasce no Leste e, ao decorrer do dia, permanece na direção Norte, permitindo a entrada de luz e calor solar na residência.

5.6.2. Sistemas Solares Térmicos

O Brasil é um dos países com maior incidência de radiação solar do mundo. No entanto, como apresentado por Lima (2019), a capacidade instalada de geração de energia solar ainda é relativamente baixa, representando apenas 7% da capacidade instalada de geração de energia elétrica no país. No entanto, o país tem um grande potencial para a energia solar, e o governo tem incentivado o desenvolvimento de projetos de energia solar por meio de políticas públicas e programas de financiamento.

Sabe-se que o potencial brasileiro para geração de energia de origem solar é grande, seja para geração elétrica ou aquecimento de água. Ponath (2022) apresenta um mapa mostrando a irradiação solar no Brasil, como mostra a Figura 15:

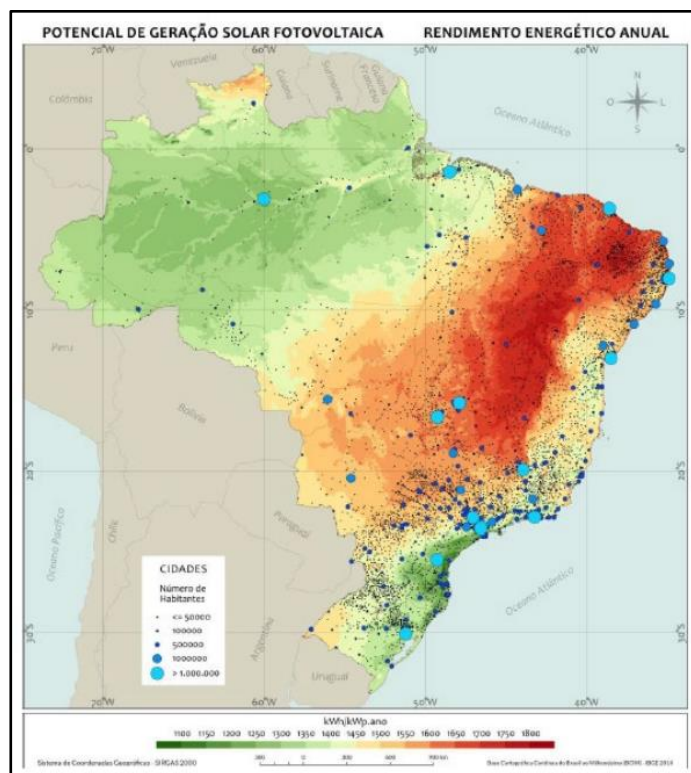


Figura 15: Irradiação e potencial de geração de energia solar no Brasil. Fonte: Ponath, 2022.

De acordo com Ponath (2022), até mesmo as áreas menos ensolaradas da região brasileira conseguem gerar mais energia por metro quadrado por ano do que alguns outros países europeus, como a Alemanha. Atualmente, a energia solar tem se tornado bastante popular no país. Esta preferência decorre da simplicidade e da acessibilidade da tecnologia de conversão de energia solar em energia térmica, que conta com uma ampla gama de fornecedores e fabricantes disponíveis no mercado brasileiro. Além disso, a viabilidade econômica de tais sistemas podem ser alcançada através de projetos bem elaborados (PEREIRA et al., 2017).

As políticas de incentivo governamental têm um papel crucial para o uso disseminado de sistemas de aquecimento solar residencial. Dentre os incentivos, destacam-se a isenção de impostos, a obrigatoriedade do uso em determinados casos, a oferta gratuita de equipamentos por meio de programas de eficiência energética da ANEEL e programas de habitação de interesse social, como o "Minha Casa Minha Vida". Estudos diversos confirmam a eficácia da utilização desta tecnologia em conjuntos

habitacionais, por meio de medições realizadas em sistemas instalados (PEREIRA et al., 2017).

Em 2016, a capacidade total mundial instalada de coletores solares para aquecimento de água ultrapassou 456 GWth (gigawatts térmicos), equivalente a cerca de 652 milhões de metros quadrados de coletores instalados. Esses dados evidenciam a importância e o crescimento desta tecnologia ao redor do mundo. O Brasil é um país que ainda possui capacidade ociosa superior a 50% em sua estrutura de produção, indicando que há muito espaço para crescimento (PEREIRA et al., 2017).

Com relação aos certificados energéticos, por exemplo, para alcançar os graus A ou B no Regulamento Técnico de Qualidade Residencial, os coletores solares usados para aquecer água (destinados a banhos) precisam ter a certificação ENCE A ou B ou o Selo Procel. Os tanques de armazenamento devem ser certificados com o Selo Procel. Tanques com capacidades maiores do que as avaliadas pelo Inmetro devem ter um projeto que demonstra um desempenho térmico ao menos equivalente ao maior tanque avaliado pelo Inmetro. Mais detalhes serão expostos no tópico sobre as certificações.

Para fins de precificação de um sistema de placas solares de aquecimento de água, foi consultado o SINAPI (Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil). Este sistema apresenta as relações de preços e custos de materiais e mão de obra necessários em qualquer processo da construção civil. Os órgãos reguladores deste sistema são dois: A Caixa Econômica Federal, a qual fica responsável pela base técnica da engenharia, e o IBGE, o qual realiza o levantamento dos preços ao redor do Brasil. Para fins de exemplificação, foi escolhida a tabela SINAPI referente ao estado de Minas Gerais. De acordo com a SINAPI, o preço de um aquecedor solar com reservatório térmico de 600 L e três placas coletoras de dois metros quadrados, sem incluir o preço dos acessórios e de instalação, seria o equivalente a R\$6.517,61.

5.6.3. Sistemas Solares Fotovoltaicas

O avanço tecnológico tem proporcionado uma série de mudanças significativas na sociedade, especialmente no que diz respeito à eficiência energética e à sustentabilidade. Nesse contexto, os sistemas solares fotovoltaicos se destacam como uma inovação de grande importância. Conforme pontuado por Ponath (2022), esse sistema opera por meio de painéis solares que, por meio do efeito fotovoltaico, converte a luz solar em energia elétrica de forma silenciosa, não poluente e renovável.

Este método de geração de energia tem relevância direta na eficiência energética, por exemplo, a demanda de energia elétrica para sistemas de ar-condicionado é mais alta quando a incidência solar também é alta, o que torna o sistema fotovoltaico extremamente eficaz nesses cenários. De acordo com Ponath (2022), os sistemas solares fotovoltaicos se dividem em duas principais categorias: isolados, que podem ser puros ou híbridos, e os conectados à rede, como mostra a Figura 16. Estes sistemas consistem em um ou mais painéis solares, que juntamente com equipamentos auxiliares como inversores, baterias e outros dispositivos elétricos, captam e transformam a energia solar em eletricidade. Mais de 90% dos sistemas fotovoltaicos em todo o mundo estão ligados à rede elétrica, sendo esta solução muito utilizada em países em desenvolvimento, onde existem grandes áreas não interligadas.

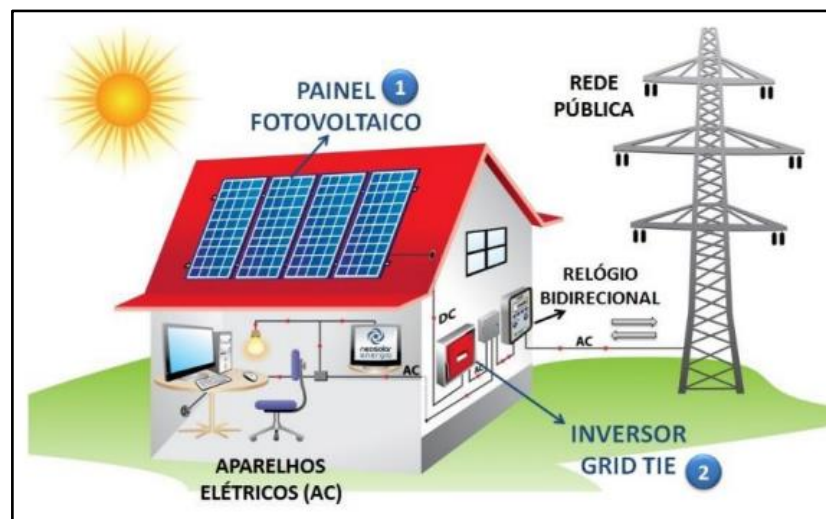


Figura 16: Imagem representativa de uma residência com painéis fotovoltaicos ligados à rede pública. Fonte: Santos, 2019.

Os dados de crescimento da instalação de sistemas fotovoltaicos são notáveis. Segundo a EPIA (European Photovoltaic Industry Association), a potência instalada globalmente em 2012 foi de 31,09 GWp, aumentando para 38,35 GWp em 2013, e atingindo 40 GWp em 2014 (Ponath, 2022). Esses números são reflexo da crescente adoção desta tecnologia em todo o mundo. No Brasil, as perspectivas para a energia solar fotovoltaica são extremamente promissoras. De acordo com Brüggemann (2017), os painéis de geração solar fotovoltaica estão entre as melhores opções disponíveis atualmente.

Dentro do contexto residencial, de acordo com dados da Eletrobrás (2023), o Brasil ainda possui poucas residências com placas fotovoltaicas instaladas, pois apenas 0,01% das edificações residenciais tem coletores instalados e gerando energia em suas residências. No entanto, os avanços no Brasil têm sido significativos, com o país sendo o 4º que mais acrescentou capacidade solar fotovoltaica em 2021 no mundo, com novos 5,7 GW instalados no último ano (BASTOS, 2023).

Assim como exposto no tópico de placas solares para aquecimento, foi feita uma precificação. Porém, a tabela SINAPI não contempla sistema fotovoltaico. Para tanto, foi realizada uma pesquisa de campo através de uma empresa de instalação de placas fotovoltaicas. De acordo com a empresa, para uma casa com quatro moradores, onde o consumo costuma ser entre 250kWh a 300kWh, um sistema ideal, com mão de obra incluso, custaria R\$11000,00.

5.6.4. Climatização

A importância de um sistema de climatização eficiente nas residências é indiscutível. Esta necessidade vai além do simples conforto térmico dos moradores, apresentando implicações profundas na eficiência energética da moradia e, conseqüentemente, no consumo de energia e nas mudanças climáticas globais. Porém, menos de 14% das casas brasileiras possuem um aparelho de A/C. E, da pequena parcela que possui, 75% fazem uso do dispositivo diariamente. Mais alarmante ainda, mais da metade dos usuários mantém seus aparelhos plugados à tomada mesmo quando não estão em uso, gerando um consumo de energia latente e desnecessário. No centro deste cenário está o *split* comum, com seu termostato frequentemente ajustado em 20°C, sendo o modelo preferido entre os consumidores, de acordo com dados da Eletrobrás (2023).

No cenário nacional, o ar-condicionado emerge como um dos principais responsáveis pela demanda elétrica. O setor de edificações, que já representa mais da metade da demanda elétrica do país, viu sua porção destinada à climatização dobrar desde os anos 2000, conforme aponta a Eletrobrás (2021). A demanda por climatização não é apenas uma tendência nacional, mas global. Entre 1990 e 2016, a demanda elétrica para climatização triplicou, segundo Tocchio (2020). Essa demanda crescente, muitas vezes referida como "crise fria", sobrecarrega nossa matriz energética, particularmente em horários de pico, levando a uma maior dependência de usinas termoeletricas.

Esta ascendência é claramente percebida no mercado de ar-condicionado brasileiro, que ocupa a sexta posição global. Em 2020, apesar da retração de 5,6% em relação ao ano anterior, foram comercializadas 3,04 milhões de unidades do *split* hi-wall. As projeções atuais indicam que até 2035, a energia gasta em condicionadores de ar poderá atingir 48TWh, mas com medidas de eficiência aplicadas, essa demanda pode ser dramaticamente reduzida para 15TWh. No entanto, o mercado de climatização sofreu impactos consideráveis devido à pandemia da COVID-19, com uma queda de 19,2% na produção de ar-condicionado no primeiro semestre de 2021, seguida por uma tímida recuperação no segundo semestre, conforme relatado pela Revista Blog do Frio (2023).

O projeto de climatização é obrigatório para edifícios de uso público e coletivo, de acordo com a Lei 13589, o qual dispõe sobre a manutenção de instalações e equipamentos de sistemas de climatização de ambientes. Inclusive, a mesma lei que determina a disposição citada, também possibilitou que outros profissionais pudessem fazer a instalação e manutenção dos sistemas de climatização, desde que estejam aptos a assinar as Anotações de Responsabilidade Técnica (ART) do sistema. Geralmente, tais profissionais são formados em Engenharia Mecânica, ou possuem cursos em áreas técnicas de Refrigeração e Climatização, por exemplo.

O contexto de aplicação das climatizações no Brasil, de acordo com a Eletrobrás (2023), segue que no Brasil tem-se apenas uma pequena média de 0,18 ar-condicionado por domicílio, o que revela ainda mais o pouco poder aquisitivo da população, já que as classes sociais mais altas possuem maiores porcentagem de ar condicionado por domicílio. A título de exemplo, 53% das residências classes A possuem ar-condicionado, contra 14,48% da classe C1, que é considerada classe média. O tipo de ar-condicionado mais utilizado no Brasil são do tipo *split* comum. Em comparação com outras regiões do país, o Sul é onde se utiliza mais o ar para aquecimento, embora seu uso ainda seja predominantemente para arrefecimento, já que segundo dados da Eletrobrás (2023), o mês de Janeiro é o mês onde mais se utiliza o equipamento. O restante das regiões utiliza o ar-condicionado majoritariamente para arrefecimento.

Seguindo a mesma ideia do tópico de “Placas Solares Aquecimento”, foi consultado a Tabela SINAPI para levantamento de preços e custos de um sistema de climatização. Para um ar-condicionado *split* inverter de parede, 24000BTU, 60HZ, com classificação A no Selo Procel, o preço médio é de R\$5.449,14, já incluso o preço de instalação do equipamento e materiais adjacentes.

5.6.5. Iluminação

Sabe-se que a iluminação dentro de uma residência tem sua parcela significativa de gastos de consumo. Aproximadamente, 19% dos gastos com energia é direcionada apenas para a iluminação (BRUGGEMANN, 2017). A iluminação artificial não somente é responsável pelo consumo energético como também é a segunda maior causadora de ganho térmico nas edificações (LIMA, 2019). Isso nos mostra uma relação direta entre a escolha da iluminação e o comportamento térmico da edificação. Essa relação pode influenciar o consumo de outros sistemas, como o de ar-condicionado, intensificando a demanda energética.

Por exemplo, em 2021, somente a substituição de lâmpadas por aquelas com o Selo Procel resultou em uma economia considerável de quase 11000GW, sendo a maior economia dentre todos os equipamentos que ostentam tal selo (PROCEL, 2022), como mostra a Figura 17. Isso demonstra o potencial de economia existente por meio de escolhas conscientes em iluminação.

2021	
EQUIPAMENTOS	ECONOMIA ANUAL DECORRENTE DA UTILIZAÇÃO DO SELO PROCEL (GWH)
Refrigeradores e Freezers	5.655
Iluminação (LFC)	10.899
Condicionadores de Ar	1.875
Motores	2.322
Ventiladores de Teto	1.938
Total	22.689

Figura 17: Tabela de economia de energia. Fonte: Procel, 2022.

Em uma abordagem mais ampla, Bruggemann (2017) destaca que o sistema de iluminação, a envoltória e o sistema de ar-condicionado, compõe os principais pilares da eficiência energética em edificações. Estes elementos recebem ponderações respectivas de 30%, 30% e 40% no programa de etiquetagem PROCEL EDIFICA.

Neste panorama, a NBR 15575 também estabelece parâmetros para a iluminação, tanto artificial quanto natural, em residências. Em espaços onde há maior permanência de indivíduos, como salas de estar e dormitórios, há recomendações específicas para os níveis de iluminância, demonstrando a preocupação com o conforto e eficiência energética (NBR 15575). A análise de Abrahão e Souza (2021) elucida a preferência nacional por lâmpadas fluorescentes e LED, ambas reconhecidas por sua

economia energética, como mostra a Figura 18. No entanto, embora haja uma tendência de redução no uso de lâmpadas incandescentes e um incremento nas LEDs, a adoção dessas últimas ainda é tímida. Este cenário sugere a necessidade de mais incentivos para a substituição de lâmpadas menos eficientes nos lares brasileiros, otimizando a eficiência energética na iluminação.

De acordo com a Tabela SINAPI, o preço de uma lâmpada LED 10W Bivolt Branca em Formato Tradicional custa R\$7,86 a unidade.

Categorias	Equipamentos (i) ¹	nED 2005 - Regiões					nED 2019 - Regiões				
		N	NE	CO	SE	S	N	NE	CO	SE	S
Conforto ambiental	Ar-condicionado	0,27	0,20	0,15	0,09	0,25	0,40	0,06	0,20	0,22	0,32
	Ventilador de teto	0,43	0,43	0,42	0,44	0,79	0,04	0,02	0,08	0,35	0,14
	Ventilador portátil	1,45	0,96	0,89	0,53	1,10	1,53	1,41	1,33	0,90	0,91
	Aquecedor de ambiente	0,00	0,01	0,01	0,01	0,08	0,00	0,00	0,00	0,01	0,03
Aquecimento de água	Chuveiro – chave verão	0,05	0,40	1,08	1,10	1,17	0,04	0,10	0,93	0,92	1,12
	Chuveiro – chave inverno	0,05	0,40	1,08	1,10	1,17	0,04	0,10	0,93	0,92	1,12
Conservação de alimentos	Freezer	0,17	0,18	0,16	0,22	0,46	0,13	0,09	0,19	0,32	0,18
	Geladeira	0,95	0,95	1,02	1,02	1,01	1,02	1,00	1,00	1,04	1,05
Iluminação	Incandescente (t1) ²	0,69	0,68	1,24	2,25	1,50	0,41	0,21	0,39	0,99	1,06
	Incandescente (t2) ²	1,22	2,40	3,06	3,11	1,28	0,01	0,01	0,01	0,05	0,04
	Fluorescente (t1) ²	1,66	1,53	1,30	1,77	2,55	3,80	3,85	4,09	3,25	2,50
	Fluorescente (t2) ²	3,32	3,02	2,79	1,59	2,76	0,08	0,12	0,14	0,17	0,11
	Dicroica e outras (t1) ²	0,03	0,02	0,05	0,04	0,05	0,02	0,03	0,01	0,19	0,11
	Dicroica e outras (t2) ²	0,04	0,06	0,11	0,06	0,04	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00
	LED (t1) ^{2,3}	-	-	-	-	-	1,57	1,77	2,48	2,40	2,87
LED (t2) ^{2,3}	-	-	-	-	-	0,03	0,05	0,09	0,13	0,12	

Figura 18: Preferência de uso das lâmpadas pelos residentes brasileiros, de acordo com as regiões do Brasil. Fonte: Abrahão e Souza (2021).

5.7. ENQUADRAMENTO NORMATIVO E LEGISLATIVO

5.7.1. Legislações

O presente tópico visa apresentar um exame detalhado das principais legislações brasileiras que abordam a eficiência energética, apresentando algumas das estratégias e políticas que o Brasil tem adotado para promover a eficiência energética e como essas medidas têm evoluído ao longo do tempo. Os textos legais abordados incluirão leis e regulamentos federais, bem como diretrizes e normas técnicas relevantes.

É importante salientar que o conhecimento das legislações vigentes sobre o assunto possui relevância particular para uma ampla gama de profissionais e estudiosos, incluindo engenheiros, arquitetos, urbanistas, legisladores, acadêmicos e estudantes em campos relacionados. Ao compreenderem as exigências e padrões legais que regem a eficiência energética no Brasil, estes atores estarão mais bem equipados para conceber, implementar e avaliar soluções de eficiência energética eficazes e em conformidade com a lei.

A emenda feita pela Lei 13.280/2016 acrescenta o § 5º ao artigo 15 da Lei nº 8.666/1993, que passa a ter a seguinte redação: "Art. 15. (...)§ 5º Nas licitações para a compra de bens e contratação de serviços de informática, a eficiência energética deverá ser considerada como um dos critérios de julgamento, respeitada a relação custo-benefício. Já a Lei nº 10.295, de 17 de outubro de 2001, estabelece a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia e dá outras providências. Esta lei é um marco na legislação brasileira em termos de promoção da eficiência energética, pois uma das medidas promovidas nessa lei é de conferir ao Poder Executivo a tarefa de desenvolver mecanismos que promovam a eficiência energética nas edificações construídas no país. Esta disposição legal enfatiza a necessidade de incorporar medidas de eficiência energética no processo de construção, sugerindo um esforço contínuo para melhorar a utilização de energia nas edificações brasileiras.

A eficiência energética é vista como uma estratégia chave para a conservação de energia e a redução do impacto ambiental do uso de energia. A Lei nº 10.295/2001 reflete essa perspectiva ao introduzir uma série de medidas destinadas a promover a eficiência energética no Brasil. De forma resumida, a lei propõe a seguinte estrutura:

- Estabelece Níveis Mínimos de Eficiência Energética: De acordo com o Art. 1º, a lei determina a imposição de níveis mínimos de eficiência

energética de máquinas e equipamentos consumidores de energia produzidos no país.

- Estabelece o Conceito de Etiquetagem: A lei também menciona a etiquetagem de produtos visando fornecer informações sobre sua eficiência energética. Isso permite que os consumidores tomem decisões informadas e favoreçam produtos mais eficientes.
- Criação de Programas de Metas: A lei prevê a criação de programas de metas para a eficiência energética, que estabelecem metas específicas para a melhoria da eficiência energética em diferentes setores.
- Estabelece Incentivos: De acordo com o Art. 10, a lei prevê a implementação de incentivos à inovação tecnológica voltados para a eficiência energética.

O Decreto nº 9.864, de 27 de junho de 2019, regulamenta a Lei nº 10.295, de 17 de outubro de 2001, que estabelece a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia, e a Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos.

A Lei nº 9.991, de 24 de julho de 2000, é uma importante legislação brasileira que aborda o investimento mínimo obrigatório de 0,75% da receita de empresas concessionárias, permissionárias e autorizadas do setor elétrico em pesquisa e desenvolvimento (P&D) e em programas de eficiência energética. A lei visa promover a inovação e a melhoria na geração, transmissão e distribuição de energia elétrica, bem como a conservação de energia. Aqui estão os principais pontos abordados pela Lei nº 9.991/2000.

O Decreto nº 4.059, de 19 de dezembro de 2001, representa um avanço crucial na implementação da Lei nº 10.295/2001, que estabelece a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia. O decreto prescreve mecanismos regulatórios que auxiliam na execução dos objetivos da lei, particularmente em relação ao Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE) e à eficiência energética de produtos, serviços e instalações. As principais disposições do Decreto nº 4.059/2001 incluem:

- Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE): Este decreto regulamenta a criação e implementação do PBE, administrado pelo Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO). O programa prevê a etiquetagem de produtos, serviços e instalações em relação à eficiência energética, proporcionando informações claras e precisas para os consumidores e

incentivando a fabricação e utilização de opções mais eficientes em termos de energia.

- Estabelecimento de Níveis Mínimos de Eficiência Energética: O decreto autoriza o estabelecimento de níveis mínimos de eficiência energética para os produtos e serviços comercializados no Brasil. Esses níveis são estabelecidos com base em estudos técnicos e análises de impacto econômico, ambiental e social.
- Atuação do CONPET: O decreto estende as responsabilidades do Programa Nacional da Racionalização do Uso dos Derivados do Petróleo e do Gás Natural (CONPET), para que este possa agir também na promoção da eficiência energética em equipamentos e instalações que utilizem gás natural e seus derivados.

O Decreto nº 4.059/2001, que configura um instrumento regulatório essencial para operacionalizar as disposições da Lei nº 10.295/2001, criando mecanismos para a promoção da eficiência energética, foi atualizado pelo Decreto Nº 9864, de 27 de Junho de 2019, o qual institui o Comitê Gestor de Indicadores e Níveis de Eficiência Energética - CGIEE e estabelece diretrizes para a implementação do Programa de Metas de Eficiência Energética, que é parte integrante da Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia. O Decreto Nº 9864/2019 representa um passo importante para o Brasil no que diz respeito ao uso eficiente de energia. A implementação de padrões de eficiência energética pode levar à redução do consumo de energia, reduzindo os custos para os consumidores e diminuindo o impacto ambiental associado à produção de energia.

As legislações brasileiras mostram que o Brasil tem procurado criar um ambiente que favoreça a utilização eficiente de energia, tanto em termos de produção quanto de consumo. As leis abordadas oferecem diretrizes gerais e estabelecem metas para a eficiência energética, enquanto os regulamentos detalham os procedimentos para a implementação dessas leis. A combinação de ambos os instrumentos legais resulta em um marco regulatório robusto para a eficiência energética no Brasil.

Entretanto, é importante ressaltar que a legislação é apenas uma parte da solução, afinal não é possível dizer a eficácia da implementação de eficiência através apenas das legislações. A efetiva promoção da eficiência energética requer também investimentos em tecnologia, educação e conscientização da sociedade, como será abordado em tópicos posteriores.

Explicado alguns principais pontos sobre as legislações, serão apresentadas algumas normas brasileiras que dão diretrizes à construção civil e que abrangem o assunto, de forma direta e indireta, a eficiência energética nos edifícios.

5.7.2. Normas

5.7.2.1. NBR 15220: Desempenho Térmico de Edificações

A NBR 15220, uma norma técnica brasileira, define critérios e métodos para avaliação da eficiência energética de edificações com foco no desempenho térmico. Emitida pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), essa norma é subdividida em cinco partes, cada uma abordando um aspecto específico da eficiência energética em construções. A Figura 19 apresenta, resumidamente, os principais pontos da NBR 15220 e de suas respectivas partes.

5.7.2.2. NBR 15575: Desempenho de Edificações

A NBR 15575, também conhecida como Norma de Desempenho, é uma norma técnica brasileira que estabelece os parâmetros técnicos mínimos que uma construção residencial deve atender em termos de desempenho, não prescrevendo nenhum método construtivo, mas sim ela descreve seu comportamento em uso. Esta norma é emitida pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). O termo "desempenho", neste caso, é uma medida de quão bem uma construção atende a certos critérios técnicos e funcionais, incluindo a segurança, conforto e durabilidade. A NBR 15575 é dividida em 6 partes, abordando os seguintes aspectos:

- NBR 15575-1: Requisitos gerais;
- NBR 15575-2: Requisitos para os sistemas estruturais;
- NBR 15575-3: Requisitos para os sistemas de pisos;
- NBR 15575-4: Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas;
- NBR 15575-5: Requisitos para os sistemas de coberturas;

Cada uma dessas partes estabelece critérios específicos que devem ser atendidos para que a construção seja considerada em conformidade com a norma. Esses critérios abrangem uma variedade de questões, incluindo a resistência a cargas, isolamento térmico e acústico, proteção contra umidade, e durabilidade e funcionalidade dos sistemas hidrossanitários. A norma foi introduzida como uma resposta à necessidade de melhorar

a qualidade das construções residenciais brasileiras e ela se aplica para edificações de até cinco pavimentos (no entanto, isto não se aplica ao conforto térmico). O seu objetivo é garantir que as construções novas atendam a um padrão mínimo de qualidade, proporcionando uma maior segurança e conforto aos usuários.

De acordo com o Laboratório de Eficiência Energética em Edificações (2020), foi realizada a formulação de uma proposta para revisar a análise de desempenho térmico da NBR 15575 em 2018. A parte 1, 4 e 5 da norma de desempenho foram atualizadas em 2021. A Figura 20 apresenta, resumidamente, os principais pontos da NBR 15575 e de suas respectivas partes.

NBR 15220					
O que é	É uma norma que estabelece critérios e métodos para avaliação do desempenho térmico de uma edificação. Não é uma norma prescritiva.				
A quem se aplica?	Edificações comerciais e residenciais, novas ou existentes.				
O que a norma abrange?	As propriedades térmicas de elementos e componentes das edificações.				
Partes da norma	Parte 1	Parte 2	Parte 3	Parte 4	Parte 5
	Conceitos, terminologia e simbologias.	Métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações.	Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social.	Medição da resistência térmica e da condutividade térmica pelo princípio da placa quente protegida.	Medição da resistência térmica e da condutividade térmica pelo método fluximétrico.
Principais conceitos de cada parte	Esta seção da ABNT NBR 15220 determina as definições, juntamente com seus símbolos e unidades, referentes ao rendimento térmico em construções.	Define métodos para determinar as características térmicas (como resistência, transmitância, capacidade térmica, atraso térmico e fator de calor solar) de partes e componentes de construções.	Fornecer orientações sobre o desempenho térmico de residências unifamiliares voltadas para o interesse social durante a etapa de planejamento. Estabelece-se um mapeamento bioclimático do Brasil e, paralelamente, são propostas diretrizes de construção e esclarecimento de táticas de controle térmico passivo, fundamentadas em critérios e condições preestabelecidas.	Detalha o método da placa quente protegida usado para avaliar a resistência e a condutividade térmicas de materiais sólidos ou granulados. Ela estabelece os princípios fundamentais de design, dimensões e limites para os equipamentos, bem como define os requisitos básicos para a instrumentação.	Apresenta um método para medir a condutividade térmica usando fluxímetro(s) e foi desenvolvida com base na ISO 8301, servindo como uma versão resumida.

Figura 19: Principais tópicos da NBR 15220. Fonte: Autoria própria.

NBR 15575					
O que é	Esta seção da ABNT NBR 15575 define os padrões e critérios de desempenho destinados às construções residenciais, considerando-as de forma integrada, mas também permitindo avaliações específicas para determinados sistemas individuais. Não é uma norma prescritiva.				
A quem se aplica?	Edificações residenciais novas. Algumas partes da norma se aplica em edifícios de até cinco pavimentos (conforto térmico não está incluso).				
O que a norma abrange?	A sustentabilidade, segurança e habitabilidade da edificação.				
Partes da norma	Parte 1	Parte 2	Parte 3	Parte 4	Parte 5
	Requisitos gerais	Requisitos para os sistemas estruturais	Requisitos para os sistemas de pisos	Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas	Requisitos para os sistemas de coberturas
Principais conceitos de cada parte	Define os padrões e critérios de desempenho destinados às construções residenciais, considerando-as de forma integrada, mas também permitindo avaliações específicas para determinados sistemas individuais.	Aborda os padrões para os sistemas estruturais de edificações habitacionais, considerando o desempenho estrutural, avaliado sob a perspectiva dos estados-limites finais e de serviço pelo método semiprobabilístico de planejamento estrutural.	Aborda o rendimento do sistema de pisos, seja para áreas privativas ou compartilhadas, englobando seus elementos e componentes, conforme os padrões definidos por esta Norma.	Aborda os sistemas de barreiras verticais internas e externas em construções residenciais. Estes não apenas definem o volume e a divisão dos espaços no edifício, mas também interagem intensamente com outros componentes construtivos, afetando e sendo afetados pelo desempenho global da edificação residencial	Aborda os padrões relacionados às demandas dos usuários e aos sistemas de cobertura (SC). Estes sistemas desempenham papéis cruciais nas edificações residenciais, desde a promoção da saúde dos ocupantes até a defesa estrutural da edificação.

Figura 20: Principais tópicos da NBR 15575. Fonte: Autoria própria.

5.7.2.3. Programas de Eficiência Energética Residencial no Brasil

O Brasil também tem programas e iniciativas que incentivam o uso de energias renováveis e a conservação ou eficiência energética. Em 1985, o governo brasileiro promulgou a Portaria de Nº 1877, do Ministério de Minas e Energia, que implementou o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (Procel). A eficiência energética no Brasil tem uma história intrinsecamente ligada ao Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL). Instituído em 1985 através da portaria Interministerial nº 1.877 pelos Ministérios de Minas e Energia e da Indústria e Comércio, o PROCEL veio a lume como uma resposta proativa do governo para promover o uso consciente da energia elétrica e mitigar seu desperdício (ELETROBRAS, 2016). Portanto, um dos programas que a PROCEL coordena atualmente é o Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE). O PBE almeja a constante melhoria no consumo de energia de aparelhos eletrodomésticos, através da fixação das Etiquetas Nacionais de Conservação de Energia (ENCE) nos produtos, como mostra a Figura 21. Estas etiquetas, sejam elas fixadas voluntária ou compulsoriamente, atuam como um selo distintivo, ressaltando a eficiência energética de um produto (MAGINADOR, 2017).



Figura 21: Etiqueta utilizada pelo PBE. Fonte: PROCEL (2012).

Em 2009, surgiu o PBE Edifica, uma vertente do PBE, concentrada na avaliação da eficiência energética de edificações, sejam elas novas ou já existentes, abrangendo o espectro completo de edificações, desde residências a estabelecimentos comerciais, públicos e privados. Portanto, nascem algumas normativas específicas para edificações, tais como os Requisitos Técnicos da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de

Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C) e o Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais (RTQ-R). Estas regulamentações, juntamente com os documentos complementares, estabelecem os critérios para a classificação da eficiência energética das edificações.

5.7.2.3.1. Certificações Energéticas

Existem algumas certificações nacionais e internacionais que visam promover a eficiência energética em edifícios. Alguns destes programas conferem certificação exclusivamente para fins de eficiência energética, como o Procel Edifica e o Selo Casa Azul, enquanto outros são voltados para a certificação ambiental, como LEED, BREEAM e AQUA-HSE (AGUILAR, 2018). Esses regulamentos e certificações ajudam as organizações a melhorar sua eficiência energética, reduzir custos e impactos ambientais, e garantir a qualidade dos ambientes internos e o bem-estar dos usuários (PELLIZZETTI, 2017). De acordo com Wiel et al. (2006), as normas de eficiência energética são procedimentos e regulamentos que prescrevem o desempenho energético dos edifícios, exigindo um nível mínimo para serem considerados eficientes.

O LEED (Leadership in Energy and Environmental Design, ou Liderança em Design de Energia e Meio Ambiente) é um programa de certificação para construções sustentáveis que avalia edifícios que aplicaram as melhores práticas e estratégias, sendo uma das certificações mais reconhecidas mundialmente. A certificação LEED possui diferentes níveis de reconhecimento, como Certificado, Prata, Ouro e Platina. De acordo com o site do programa, o método de avaliação considera o edifício como um todo, desde sua concepção inicial até a construção e posterior manutenção. Ele avalia aspectos como localização, consumo consciente de água, otimização energética, escolha de materiais, ambiente interno e inovações estratégicas, além de focar em questões regionais específicas.

O LEED é versátil e pode ser aplicado a qualquer tipo de edificação, independentemente da fase em que se encontra no seu ciclo de vida. Um exemplo de uma residência com certificação LEED Prata é a construída em 2015 no Alphaville Dom Pedro, em Campinas, que obteve uma redução de 60% no consumo de água, 70% no consumo de energia, 80% na geração de resíduos e 30% nos custos operacionais (PELLIZZETTI, 2017). Outras certificações ambientais, como o BREEAM, também já são aplicadas internacionalmente (GIACOMIN, 2017). O BREEAM, sigla para Building Research Establishment Environmental Assessment Method, foi introduzido pelo

Building Research Establishment (BRE) em 1990. Ele é reconhecido como o sistema mais antigo para avaliar, classificar e certificar a sustentabilidade de edifícios. Mais de 550.000 construções já receberam a certificação BREEAM, enquanto um impressionante número de dois milhões aguardam certificação em mais de 50 territórios globais. Adicionalmente, o BREEAM oferece uma ferramenta especificamente adaptada para o desenvolvimento de bairros. As avaliações sob o BREEAM são conduzidas por profissionais licenciados e autônomos, utilizando critérios de sustentabilidade de base científica que abordam diversas facetas ambientais. Ele avalia domínios variados, incluindo consumo de energia, uso de água, saúde, poluição, transporte, abastecimento de materiais, gestão de resíduos, impacto ecológico e estratégias administrativas.

A avaliação confere às construções classificações que variam de 'Aprovado' a 'Excepcional', como mostra a Figura 22:

Categorias	Pontuação (%)
Pass	30
Good	45
Very Good	55
Excellent	70
Outstanding	85

Figura 22: Classificação do BREEAM para as edificações. Fonte: Nascimento e Piazer (2015).

Com relação às certificações BREEAM, ainda são poucas as edificações que possuem este tipo de certificado (NASCIMENTO; PIAZER, 2015). No entanto, o certificado AQUA possui uma realidade diferente. De acordo com a Fundação Vanzolini (2023), organização que aplica essa certificação no Brasil, a certificação AQUA-HQE é uma das poucas certificações que adaptou-se aos contextos brasileiros. Atualmente, o Brasil possui 927 edifícios que possuem a certificação, sendo 606 edificações residenciais, conforme a Figura 23:

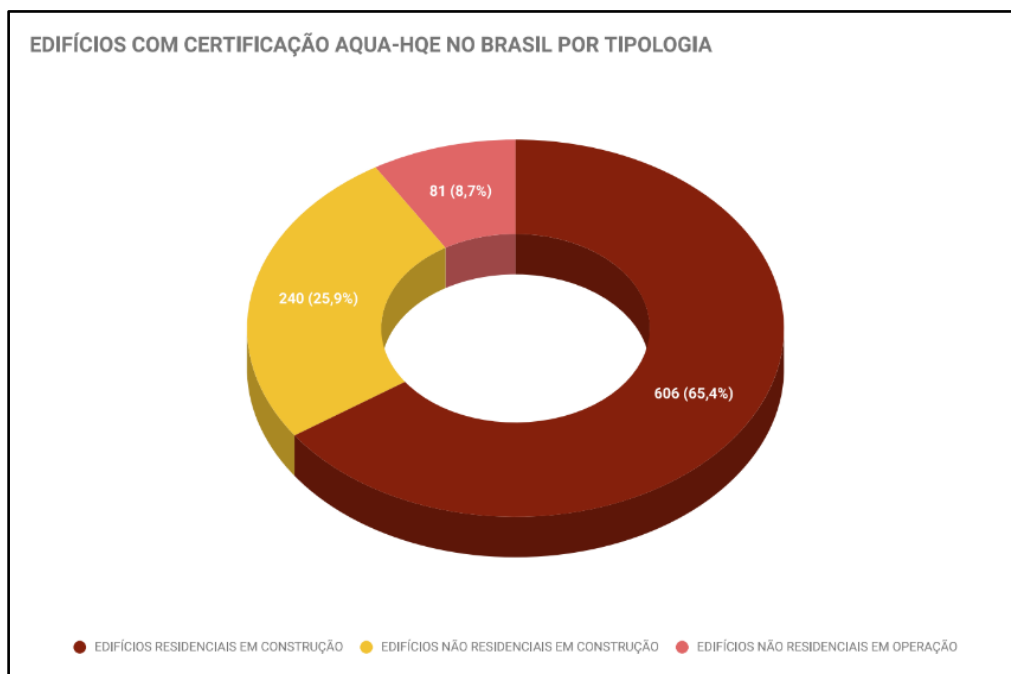


Figura 23: Gráfico dos edifícios que possuem certificação AQUA-HQE. Fonte: Fundação Vanzolini (2023).

No AQUA-HQE™, há dois ciclos: construção (para edificações novas) e operação (para as já existentes). Esse processo envolve auditorias regulares para verificar a adesão aos referenciais técnicos. Edifícios em construção passam por 3 auditorias (Pré-Projeto, Projeto e Execução), enquanto os em operação passam por 3 ou 4 auditorias, dependendo se estão em um ciclo de 3 ou 5 anos. Durante o ciclo de construção, 6 certificados são concedidos, sendo 2 após cada auditoria - um nacional (AQUA) e um internacional (HQE). Para edifícios em operação, são 2 certificados por auditoria, totalizando conforme o ciclo. Em ambos os ciclos, os edifícios são avaliados conforme o “Sistema de Gestão do Empreendimento” (SGE) e a “Qualidade Ambiental do Edifício” (QAE). Além disso, edifícios em operação seguem o “Gestão Ambiental do Empreendimento” (GAE). Em resumo, o SGE aborda a gestão do projeto, o GAE foca na operação da edificação e o QAE analisa o desempenho ambiental da edificação em 14 categorias.

No que concerne às certificações em geral, atualmente 31 países têm novos códigos de construção em desenvolvimento ativo, e 80 países já têm códigos totalmente operacionais, somando um total de 111 países com códigos de construção (IEA, 2022). A Figura 24 apresenta o status dos códigos de eficiência energética nos países, classificando-os como mandatórios, padrão de performance avaliáveis, em desenvolvimento ou então desconhecidos.

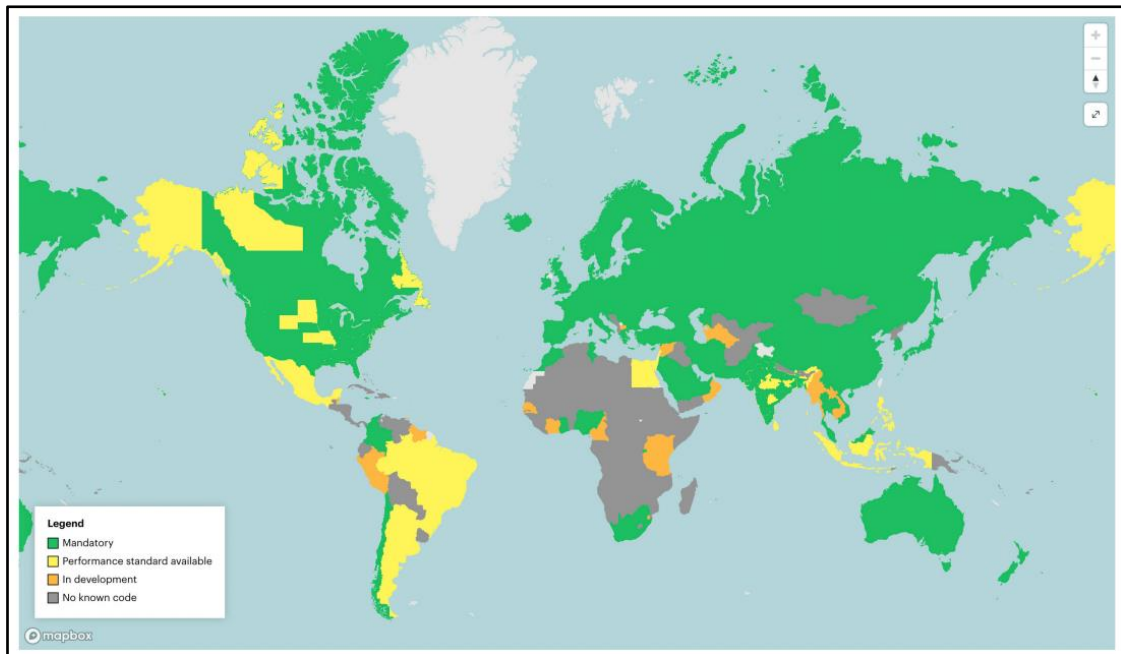


Figura 24: Ilustração dos status dos códigos de eficiência energética nos países. Fonte: IEA (2022).

De acordo com a organização local no Brasil, em 2016 o país mantinha a 5ª posição no ranking mundial de empreendimentos LEED (Figura 25), com 380 empreendimentos certificados e um total de 1.156 registros, ficando atrás dos Estados Unidos, China, Emirados Árabes Unidos e Índia (PELLIZZETTI, 2017). Entretanto, em uma atualização recente, o Brasil passou a ocupar a 4ª posição no ranking mundial de empreendimentos LEED, demonstrando avanços significativos na adoção de práticas sustentáveis na construção civil (Forbes, 2021). De acordo com Andrade e Andrade (2021), em 2018, o Brasil tinha 531 projetos registrados e certificados, comparado aos 899 da Índia, conforme dados do GBC. Esta distinção sinaliza potenciais desafios enfrentados pelo Brasil, visto que possui pouco mais da metade dos projetos da Índia, um país que enfrenta vários desafios sociais e de infraestrutura.



Figura 25: Certificação LEED. Fonte: Pellizzetti (2017).

Além das certificações e normas internacionais, o Brasil também conta com a atuação do Green Building Council Brasil (GBC Brasil), uma organização sem fins lucrativos que promove a construção sustentável no país. A GBC Brasil é afiliada ao World Green Building Council e oferece programas de certificação, como o selo AQUA (Alta Qualidade Ambiental), que reconhece edifícios sustentáveis em várias áreas, incluindo eficiência energética, gestão de água, conforto térmico e acústico, entre outros (GIACOMIN, 2017).

A seguir serão apresentadas certificações exclusivamente brasileiras, como é o caso do Regulamento Técnico de Qualidade Residencial e o Selo Casa Azul.

5.7.2.3.2. Regulamento Técnico de Qualidade Residencial: RTQ-R

O RTQ-R, como toda norma em evolução, em 2021 passou a ser designado Instrução Normativa do Inmetro para Classificação da Eficiência Energética em Edifícios (INI). Este movimento de mudança no nome e na estrutura do regulamento teve como impulso a necessidade de aprimorar pontos considerados ineficientes no RTQ-R. A INI-R, voltada para edificações residenciais, foi desenvolvida para ser mais precisa, particularmente na avaliação da envoltória das edificações. Conforme descrito por ROSA (2018), anteriormente, a avaliação da envoltória era baseada em um metamodelo que utilizava regressão linear, uma abordagem que se mostrou inadequada para algumas variáveis. A INI-R, em contraste, adota redes neurais artificiais, que são mais adequadas para esta avaliação. No entanto, considerando que muitos dos estudos e literaturas ainda fazem referência ao RTQ-R e que a INI-R ainda está em processo de revisão, o presente estudo optou por basear-se no RTQ-R.

Esse código, com sua perspectiva de tornar-se compulsório no futuro, representa uma diretriz crucial na construção civil brasileira. O RTQ-R é uma regulamentação brasileira que estabelece critérios e parâmetros para classificar o nível de eficiência

energética de edificações residenciais. Seu principal objetivo é promover práticas construtivas mais sustentáveis, otimizando o uso de energia nas habitações e consequentemente reduzindo os impactos ambientais.

Os principais pontos abordados pelo RTQ-R incluem (VILELA e SOUZA, 2019):

- Avaliação da Envoltória: Refere-se à análise das características térmicas dos materiais e componentes que compõem as fachadas e coberturas das edificações. O objetivo é garantir conforto térmico aos ocupantes e minimizar a necessidade de sistemas de climatização.
- Eficiência do Sistema de Aquecimento de Água: Analisa os sistemas empregados para aquecimento de água, incentivando o uso de tecnologias mais eficientes, como o aquecimento solar.
- Bonificações: O RTQ-R prevê pontos adicionais para edificações que adotem medidas que aumentem a eficiência energética, como uso de sistemas fotovoltaicos, por exemplo.

O regulamento oferece três métodos para a avaliação da eficiência das edificações: o método prescritivo, simplificado e de simulação. No prescritivo, a eficiência da envoltória é determinada comparando-se aspectos geométricos e propriedades térmicas com padrões estabelecidos na ABNT NBR 15575:2021. Este procedimento indica que a eficiência mínima corresponde à classe C. Para alcançar classificações superiores (classes B ou A), é necessário recorrer aos métodos simplificados ou de simulação. Nestes dois últimos, a avaliação é baseada na redução percentual do consumo de energia primária, comparando o consumo real da construção com um modelo padrão, que representa a classe C. Independentemente da técnica usada para avaliar a envoltória, o sistema de aquecimento de água é analisado pelo método simplificado, considerando a redução percentual do consumo energético do sistema real em relação ao padrão. Para áreas comuns das edificações, o consumo energético é estimado pelo método simplificado, classificando-se com base na redução percentual do consumo de energia primária, em comparação com um padrão de referência.

De acordo com Vilela e Souza (2019), apenas 2800 unidades habitacionais, de 74 milhões existentes no país de acordo com dados do IBGE, estão etiquetadas. Convertendo para porcentagem, tem-se que menos de 0,0001% das residências possuem a Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE). E, embora a certificação seja voluntária no país, ela prevê a avaliação de conformidade das edificações em diversas

etapas, desde a fase de projeto até depois de construído. Em uma análise realizada por Chandel, Sharma e Marwaha (2016), destaca-se o caráter único do RTQ-R, principalmente quando comparado a outros regulamentos internacionais. Conforme evidenciado pelos autores citados, o RTQ-R representa um regulamento de caráter público direcionado para edificações residenciais, tanto unifamiliares quanto multifamiliares. Seu caráter é voluntário, destacando-se como o único de sua natureza. O referido regulamento foca na avaliação de critérios específicos: aferindo a conformidade da edificação durante a fase de projeto, após sua conclusão, e analisando a capacidade construtiva. Vale ressaltar que este se diferencia de determinados regulamentos que procedem com avaliações durante a execução, após habitação, ou que estabelecem sanções para não conformidades.

O principal plano para o setor energético brasileiro é o Plano Decenal de Energia (PDE), que busca integrar ações em linha com a política nacional sobre mudança do clima (Lima, 2019). A Lei 13280/2016 propõe aumentar a alíquota do recolhimento de recursos para o PROCEL, isentar algumas empresas da obrigação de investimento em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) e Eficiência Energética (EE), e alterar a obrigatoriedade de investimento para consumidores com tarifa social (Lima, 2019). Desta forma, a eficiência energética no Brasil é promovida e incentivada através de uma variedade de regulamentos, legislações, normas e iniciativas. Por isso, o próximo tópico explica um selo utilizado em ampla escala pelo governo, justamente por ter sido criado por um órgão estatal, a Caixa Econômica Federal, chamado Selo Casa Azul, selo este conferido à muitas habitações de interesse popular.

5.7.2.3.3. Selo Casa Azul e Minha Casa Minha Vida

O "Minha Casa Minha Vida" é um programa do governo federal brasileiro, subsidiado pela Caixa Econômica Federal, que foi instituído em 2009 com o objetivo de facilitar o acesso à casa própria para famílias de baixa renda. É considerado um dos maiores programas de habitação popular do Brasil. O programa proporciona condições atrativas para o financiamento de moradias nas áreas urbanas para famílias de baixa renda. Entre os benefícios estão juros mais baixos e prazos de pagamento mais longos. Além disso, em alguns casos, o programa oferece subsídios, que são uma espécie de auxílio financeiro para facilitar a aquisição da casa própria. O programa é dividido em faixas de renda, o que determina as condições de financiamento. A faixa 1, por exemplo, é destinada às famílias com renda mensal de até R\$ 1.800,00. Já a faixa 1,5 é para famílias com renda mensal de até R\$ 2.600,00, e assim por diante.

Segundo o portal oficial da Caixa Econômica Federal, já foram financiadas mais de um milhão de unidades habitacionais, as quais, além de prover abrigo para inúmeras famílias, incorporam princípios de sustentabilidade. A instituição financeira apenas concede financiamento para projetos que satisfaçam requisitos legais fundamentais, como a regularização do terreno e a presença de licença ambiental quando exigida; a adequação das instalações de água, gás e energia elétrica às normas técnicas; e a garantia dos direitos trabalhistas dos operários envolvidos na construção. Tais elementos constituem a base para a sustentabilidade da habitação.

O programa Minha Casa Minha Vida possui características que promovem a eficiência energética. Um dos primeiros passos em direção à sustentabilidade inicia-se com a avaliação do terreno. Se o solo já foi utilizado por uma indústria ou está localizado próximo a um posto de combustível, a construtora precisa verificar possíveis contaminações e, se necessário, mitigar tais problemas. Após a conclusão da obra, a construtora precisa entregar à Caixa o Documento de Origem Florestal (DOF), que comprova que a madeira nativa utilizada na construção foi retirada de forma legal. Através do programa, a Caixa incentiva o plantio de uma árvore em cada residência e também nas áreas verdes dos prédios de apartamentos. Isso resulta em maior conforto, uma vez que a vegetação retém umidade, ajudando a criar um ambiente mais ameno. Além disso, a sombra reduz a incidência de luz e calor dentro de casa no verão. Em todas as residências, a medição de água e gás é individualizada, permitindo que cada família controle seu consumo, evitando desperdícios e economizando recursos.

E uma das principais medidas de EE tem sido a instalação de coletores solares para aquecimento de água. Mais de 80 mil casas destinadas a famílias de baixa renda foram equipadas com este sistema, através de financiamentos. Além de resultar em uma economia de até 40% na conta de luz, esse é um método de geração de energia limpa. A adoção de lâmpadas econômicas e medição individualizada de gás são outras medidas de EE adotadas pelo MCMV, os quais diminuem o consumo de energia e aumentam a eficiência energética. A instituição também promove o uso consciente de energia nas residências

A Caixa desenvolveu um sistema que classifica a sustentabilidade de projetos habitacionais, o Selo Casa Azul. Este selo é concedido a empreendimentos financiados pela instituição e reconhece as melhores práticas para habitações sustentáveis. Na elaboração do projeto, é ideal definir uma Agenda para o Empreendimento, baseada em estudos das características do local, da legislação local, do modo de vida dos futuros moradores e das opções para reduzir os custos de construção e manutenção. A partir dessa Agenda, são escolhidos os elementos de sustentabilidade mais adequados para o empreendimento. O estímulo a essas práticas contribui para o desenvolvimento sustentável do país.

5.7.2.4. Desempenho Energético e Modelagem

A crescente necessidade de desenvolver soluções sustentáveis no setor da construção civil tem levado à procura de novas abordagens para o planejamento, projeto e gerenciamento de edificações. Neste contexto, o Building Information Modelling (BIM) surge como uma ferramenta essencial para a promoção da eficiência energética. Com a promulgação do Decreto Nº 10306 em 02 de Abril de 2020, a utilização do BIM se tornou obrigatória na execução direta ou indireta de obras e serviços de engenharia realizados pelos órgãos e entidades da administração pública federal, consolidando ainda mais a relevância dessa metodologia no cenário brasileiro. O BIM oferece uma série de benefícios que impactam diretamente a eficiência energética dos empreendimentos. Dentre eles, destaca-se o aperfeiçoamento da compatibilização dos projetos, aprimorando a qualidade de execução e minimizando desperdícios e retrabalhos na obra. A capacidade do BIM de realizar simulações precisas de custos e prazos é particularmente relevante neste sentido, permitindo comparações diretas entre diferentes abordagens estruturais e de design, auxiliando na tomada de decisões em relação a eficiência e custo (BETIM, SILVA e PINHO, 2022).

Alguns sistemas de certificação energética exigem alguns dados que são obtidos através de simulações computacionais. Por exemplo, de acordo com o Regulamento Técnico de Qualidade Residencial (RTQ-R), código que confere à residência a Etiqueta Nacional permite, como será explicitado nos próximos tópicos, que a edificação aderente à certificação utilize a metodologia de simulação para ser certificado, desde que o programa atenda alguns pré-requisitos, como: ser um programa para a análise do consumo de energia em edifícios; modelar efeitos de inércia térmica; ter capacidade de simular as estratégias bioclimáticas adotadas no projeto; produzir relatórios horários do uso final de energia; entre outros. Outra certificação é o LEED, que exige uma simulação de desempenho energético completo (OLIVEIRA, 2019).

Portanto, diversas ferramentas e softwares surgem no mercado para complementar e potencializar o uso do BIM. Pode-se dividir a análise computacional em duas fases: a modelagem e a simulação BIM. Para modelagem, existem alguns softwares recomendados e utilizados em larga escala no mercado, como SketchUp, Archicad e Revit. Tanto o ArchiCAD como Revit são programas da empresa AutoDesk, e através de tais softwares, já é possível determinar parâmetros como a massa do edifício, orientação do edifício, as entradas de dados, modelagem da envoltória, entre outros (Figura 26).

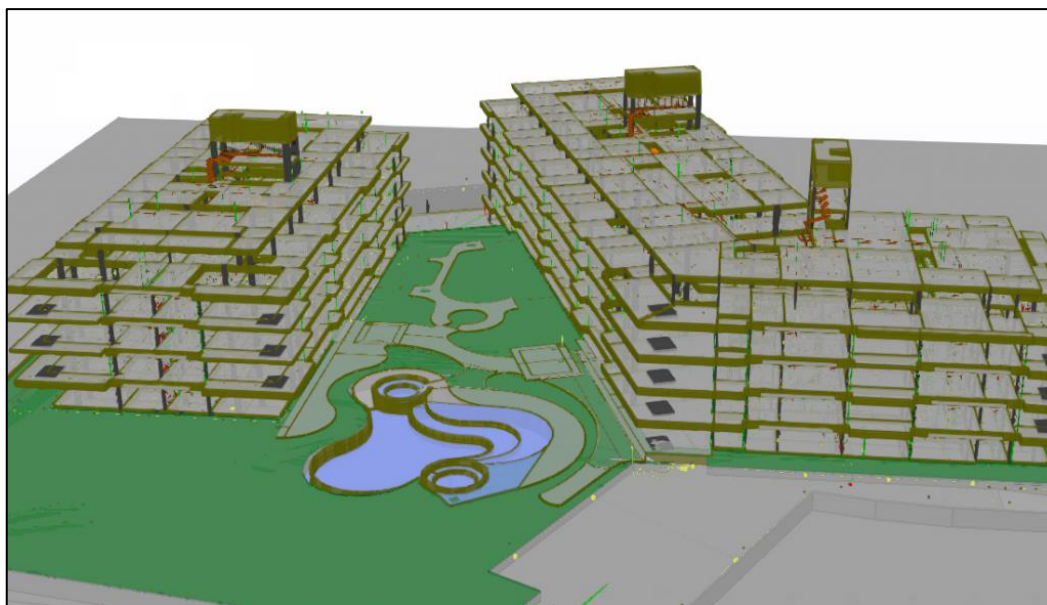


Figura 26: Exemplo de modelagem de edificações em BIM. Fonte: Mais Engenharia, 2017.

Já para a fase da simulação, tem-se Green Building Studio, EnergyPlus e o DesignBuilder. O GBS é um serviço de análise de energia que, apesar de não suportar o formato IFC (formato que permite a interoperabilidade entre plataformas BIM), oferece fácil interoperabilidade com ferramentas BIM e outros programas. O EnergyPlus, por sua vez, apresenta-se como uma alternativa completa e confiável, sendo gratuito, de código aberto e multiplataforma, permitindo uma integração ampla e versátil com várias ferramentas CAD por meio de plugins com alguns programas, como SketchUp. Já o DesignBuilder, foi desenvolvido especificamente para trabalhar em conjunto com o EnergyPlus, permitindo uma análise mais aprofundada da luz solar e possibilitando a validação de certificação BREEAM / LEED. É válido ressaltar que tais programas seguem metodologias de avaliação de eficiência energética, as quais foram descritas em tópicos anteriores.

É evidente que o BIM tem potencial significativo para a melhoria da eficiência energética em edifícios. Segundo Betim, Silva e Pinho (2022), "o BIM incorpora muitas das funções e ferramentas necessárias para modelar o ciclo de vida de uma edificação", permitindo a realização de análises energéticas detalhadas, avaliação do impacto ambiental e execução de medições e verificações voltadas para um melhor desempenho energético. Essas capacidades, associadas à riqueza de informações proporcionadas pela

modelagem BIM, são cruciais para a promoção da eficiência energética e da sustentabilidade na construção civil.

Além disso, o BIM tem um papel fundamental na reabilitação de edifícios existentes. O potencial do BIM para analisar e melhorar a eficiência energética de edifícios existentes é fundamental, especialmente considerando que os edifícios são responsáveis por cerca de 40% do consumo total de energia na Europa, e representam um terço das emissões globais de gases de efeito estufa (BETIM, SILVA e PINHO, 2022). Através da utilização do BIM, é possível executar análises energéticas detalhadas, permitindo a realização de intervenções direcionadas que aumentam a eficiência energética e prolongam a vida útil dos edifícios.

No contexto brasileiro, com um crescente foco em políticas de eficiência energética e sustentabilidade, a adoção generalizada do BIM representa uma oportunidade significativa. Através da combinação estratégica de BIM com ferramentas como GBS, EnergyPlus e DesignBuilder, os profissionais da indústria da construção no Brasil têm a oportunidade de liderar a transição para práticas de construção mais sustentáveis, eficientes e responsáveis.

6. QUESTIONÁRIO SOBRE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Os questionários são ferramentas fundamentais em pesquisas científicas, permitindo a coleta de informações de um grande número de indivíduos de maneira rápida e eficiente (BABBIE, 2016). Contudo, a construção de um questionário é considerada uma "arte imperfeita" (AAKER et al., 2001), já que não há procedimentos exatos para garantir que seus objetivos de medição sejam alcançados com qualidade. Portanto, é essencial que o pesquisador utilize seu bom senso e experiência para evitar erros, como questões ambíguas, que podem influenciar negativamente a qualidade dos dados coletados.

Para construir um questionário eficiente, Aaker et al. (2001) sugerem uma sequência lógica de etapas, que inclui planejamento, formulação de perguntas, definição do texto, ordem e aspecto visual do questionário, testagem e correção de problemas identificados. No presente estudo, foi utilizada a Escala Likert como forma de mensurar as atitudes e opiniões dos participantes (BABBIE, 2010).

De acordo com Mattar (1994), o primeiro contato do respondente com o questionário é fundamental para definir sua vontade de participar. Portanto, é importante seguir algumas diretrizes, como começar com perguntas gerais, deixar perguntas pessoais ou sensíveis para o final e adotar uma ordem lógica de perguntas. O crescente acesso à internet tem impulsionado o desenvolvimento e uso de questionários virtuais como método alternativo para a obtenção de respostas em pesquisas científicas (FALEIROS et al., 2016). Essa tendência é favorecida pela maior preferência dos sujeitos dos estudos por pesquisas realizadas no ambiente virtual (FALEIROS et al., 2016). A coleta de dados sistemática é crucial para a qualidade e o tempo do estudo científico (FALEIROS et al., 2016). Nesse contexto, garantir a confidencialidade das respostas e o anonimato dos participantes é fundamental para a qualidade e confiabilidade dos dados coletados por meio de questionários.

Para tanto, como explicitado nos próximos tópicos do trabalho, foi aplicado um questionário para a população residente de Belo Horizonte ou região metropolitana, no estado de Minas Gerais. Um questionário foi aplicado aos residentes da região, partindo do pressuposto que eles possuem poucos conhecimentos sobre a área da eficiência energética e conforto térmico. Vale ressaltar que o questionário foi aplicado de forma online. Isto se dá pelo fato de a pesquisa ser realizada em Portugal, e do público-alvo estar presente no Brasil. Além de que, segundo Wright (2005), os questionários online têm

ganhado popularidade na pesquisa científica devido à sua acessibilidade, rapidez na coleta de dados e redução de custos, quando comparados aos métodos tradicionais, como entrevistas presenciais e questionários impressos.

O objetivo da aplicação deste questionário foi coletar, de forma empírica, informações de residentes com relação ao nível de conhecimento e em relação ao seu comportamento com relação às medidas de eficiência energética residencial, ao analisar quais medidas tem sido tomadas e quais tem sido ignoradas. E para além disso, comparar o que foi coletado com as conclusões retiradas das pesquisas de artigos, teses e dissertações sobre o tema.

6.1. PÚBLICO-ALVO

Definir um público-alvo para um questionário é crucial para garantir a validade, relevância e utilidade dos resultados obtidos. Essa definição permite que a pesquisa seja direcionada às pessoas mais apropriadas para responder às perguntas propostas. Sabe-se que o Brasil é um país que possui uma extensa variedade climática, pois de acordo com os tópicos apresentados anteriormente, e de acordo com IBGE (2019), aproximadamente um terço de todas as florestas tropicais do mundo estão localizadas no Brasil, país que também abriga o sistema fluvial mais extenso do planeta.

Mediante a estas afirmativas, e perante ao apresentado em tópicos anteriores, foi delimitado, como sendo público-alvo do questionário, residentes da população de Belo Horizonte (estado de Minas Gerais), as quais se localizam na zona bioclimática 3 (ZB3). Foi escolhido esta zona pois é a zona onde se localiza a maior e mais populosa cidade do país, São Paulo, além de outras capitais e regiões estarem inseridas nesta região bioclimática, como Porto Alegre e Florianópolis; além de que o RTQ-R utiliza em algumas ilustrações e exemplos, o município de Belo Horizonte.

6.1.1. Características de Belo Horizonte

Portanto, serão explicitados dados climáticos e estatísticos sobre a cidade de Belo Horizonte. Como apresentado na Figura 27, a cidade de Belo Horizonte, situada no sudeste do Brasil, é a capital do estado de Minas Gerais. De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a cidade possuía uma população estimada de 2,5 milhões de habitantes em 2021.

É, portanto, a sexta cidade mais populosa do Brasil, depois de São Paulo, Rio de Janeiro, Salvador, Fortaleza e Brasília. Com uma área de aproximadamente 331 km²,

Belo Horizonte tem uma densidade populacional em torno de 7.167 habitantes por km², que é uma das mais altas entre as grandes cidades brasileiras. Comparativamente, São Paulo, a cidade mais populosa do Brasil, tem uma densidade populacional de cerca de 7.400 habitantes por km². O Produto Interno Bruto (PIB) de Belo Horizonte, em 2019, era de cerca de R\$ 92 bilhões, o que representava aproximadamente 1,5% do PIB total do Brasil. Em termos per capita, Belo Horizonte tinha um PIB de cerca de R\$ 38.000, acima da média nacional, que estava em torno de R\$ 34.000 no mesmo ano.

Belo Horizonte tem um Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) de 0,810 (dados de 2010), classificado como "muito alto". Este valor coloca Belo Horizonte acima da média nacional (0,765 em 2019) e em linha com outras grandes cidades do país, como São Paulo (0,805) e Rio de Janeiro (0,799). A cidade também é conhecida por ser um centro de educação e inovação, com uma concentração notável de universidades e instituições de pesquisa. A Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), por exemplo, é uma das mais prestigiadas universidades do Brasil e da América Latina.










 Área Territorial	331.354 km ² 2022
 População estimada	2.530.701 pessoas 2021
 Densidade demográfica	7.167,00 hab./km ² 2010
 Escolarização 6 a 14 anos	97,6 % 2010
 IDHM Índice de desenvolvimento humano municipal	0,810 2010
 Mortalidade infantil	9,28 óbitos por mil nascidos vivos 2020
 Receitas realizadas	10.145.985,45 R\$ (*1000) 2017
 Despesas empenhadas	10.036.417,54 R\$ (*1000) 2017
 PIB per capita	38.670,40 R\$ 2020

Figura 27: Dados Estatísticos sobre o município de Belo Horizonte. Fonte: IBGE (2023).

Em relação ao clima, Belo Horizonte está localizada na região sudeste do Brasil e possui um clima tropical de altitude, caracterizado por verões quentes e úmidos e invernos frios e secos. A temperatura média anual em Belo Horizonte é de aproximadamente 21°C. Os meses mais quentes são geralmente dezembro, janeiro e fevereiro, quando a temperatura média pode chegar a 23°C. Já os meses mais frios, normalmente junho e julho, apresentam temperatura média de 18°C.

Quanto à precipitação, Belo Horizonte tem um regime de chuvas bem definido. A cidade recebe a maior parte de suas chuvas durante o verão, especialmente nos meses de dezembro a fevereiro, com uma média mensal que pode superar 300 mm. No inverno, de junho a agosto, a precipitação média cai para menos de 30 mm por mês. É relevante notar que, devido à sua localização geográfica e altitude (aproximadamente 852 metros acima do nível do mar), Belo Horizonte pode experimentar variações diárias de temperatura mais amplas do que as cidades costeiras. Isso significa que pode ser bastante quente durante o dia, mas esfriar significativamente à noite. Em comparação a outras capitais brasileiras, Belo Horizonte tem um clima menos quente que cidades do nordeste como Salvador e Recife, que possuem clima tropical quente e úmido, e menos chuvosa que cidades como Manaus, localizada na região amazônica. Contudo, Belo Horizonte é geralmente mais quente e chuvosa que Porto Alegre, que tem um clima subtropical úmido, com verões quentes e invernos com temperaturas baixas e geadas ocasionais.

6.2. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Após um mês de aplicação do questionário, foram coletadas 85 respostas. As perguntas abordaram questões da vida pessoal, como escolaridade e profissão, mas majoritariamente foi abordado sobre o tema da eficiência energética e conforto térmico, a partir do ponto de vista do entrevistado. Considerando os dados levantados, observou-se que a faixa etária dos entrevistados era predominantemente de jovens entre 17 e 30 anos de idade, com algumas exceções, e majoritariamente residentes de Belo Horizonte ou região metropolitana (Figura 28). Quanto ao gênero, os pesquisados tendenciavam mais para o sexo masculino, como mostra a Figura 29.

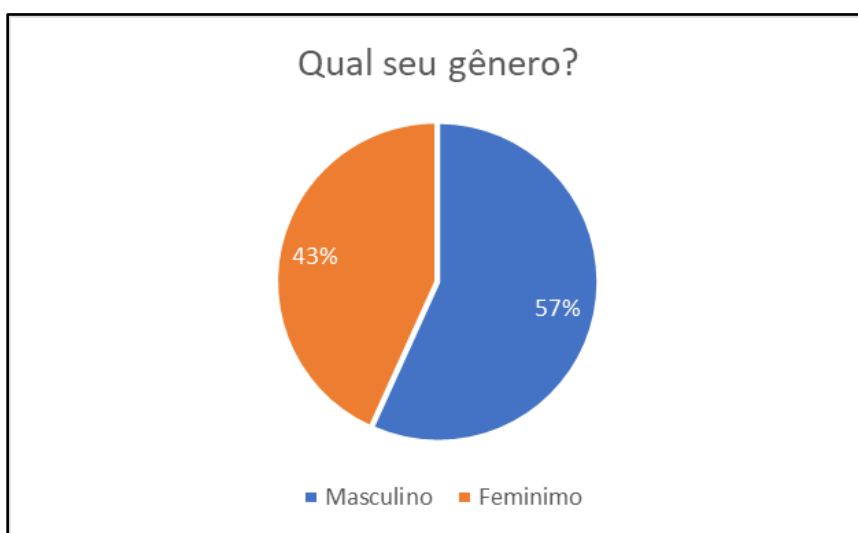


Figura 28: Resposta sobre o gênero dos entrevistados. Fonte: Autoria Própria.



Figura 29: Resposta sobre a região de residência. Fonte: Autoria Própria.

A respeito do nível de atividade exercida pelos entrevistados no momento da pesquisa, tem-se que a maioria predominante dos entrevistados responderam que estavam sentados, sem exercerem alguma atividade física, e que não sentiam desconforto em sua residência (Figura 30). Acredita-se que a resposta à ausência de desconforto se dê por três fatores: condições climáticas no momento das respostas, o nível de atividade exercida e a classe social da maioria dos entrevistados. A respeito do último fator, a presente pesquisa concluiu, baseado em outras fontes bibliográficas citadas, que o nível de conforto residencial é proporcional à renda de um indivíduo ou de uma família. Sobre o nível de atividade, a percepção de calor pode resultar do esforço que o corpo faz para consertar lesões musculares decorrentes de exercícios. Esse processo eleva a produção de enzimas responsáveis pela transpiração no sistema humano, consumindo energia e, conseqüentemente, gerando calor (Sousa et. al., 2020). Logo, a não atividade física no momento da resposta do questionário torna o entrevistado menos suscetível a sentir-se desconfortável.

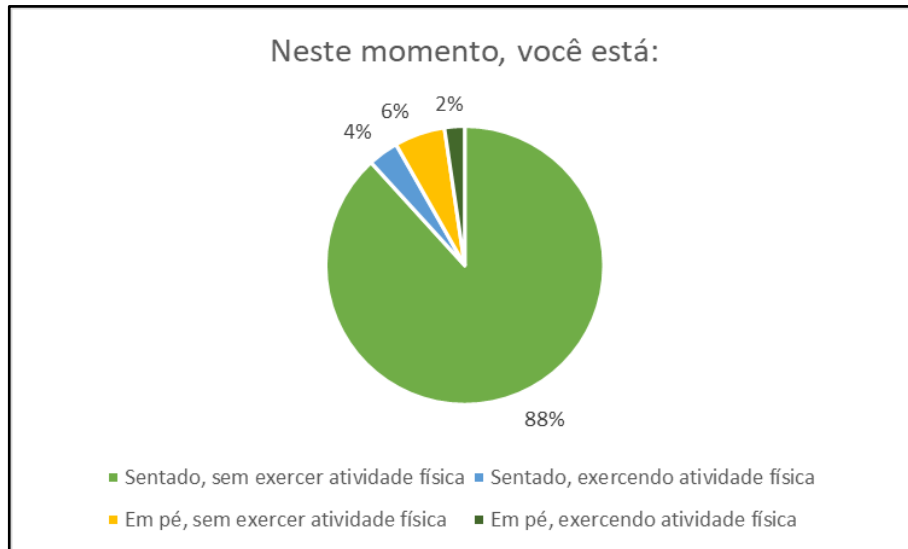


Figura 30: Posição corporal dos entrevistados ao responder o questionário.

Fonte: Autoria própria.

Com relação às condições climáticas, o hemisfério sul do planeta, durante os meses de Julho e Agosto (período de coleta das respostas), encontrou-se na estação do Inverno. No entanto, de acordo com dados do site Weather Spark (2023), Belo Horizonte durante esta época, possui a temperatura amena durante as noites; agradável e morna durante o dia. Portanto, os residentes sentem-se confortáveis durante boa parte do Inverno. Isto se constata em algumas perguntas realizadas no questionário: “Qual sensação térmica você está sentindo agora?”, “Classifique o nível de conforto térmico dos cômodos da sua casa.”, “Classifique o conforto térmico da sua atual residência.” e “Por qual motivo você se sente desconfortável?”, onde a maioria das respostas dessas perguntas foram, respectivamente: Nem frio, nem quente; todos os cômodos são confortáveis; Neutro e “Não me sinto desconfortável”; além de que todos os pesquisados utilizam “roupas leves” ou “roupas médias” em ambientes internos.

Em relação à vida pessoal dos pesquisados, tem-se que a maioria das pessoas moram em casas, e não apartamentos; além de que a maioria dos entrevistados são donos de suas residências. Além disso, mais de 30% dos entrevistados possuem renda familiar superior a R\$7500,00 (Figura 31); e que mais de 50% dos entrevistados possuem ensino superior completo e/ou ao menos, começaram a cursar alguma vez algum curso superior, mostrando que possuem conhecimentos acadêmicos básicos, apesar de que poucos dos que responderam a pesquisa trabalham no ramo da Engenharia e/ou Arquitetura. São dados significativos e que revelam a qualidade de vida e de intelectualidade de boa parte

dos pesquisados, já que possuem uma renda significativa, são donos de suas residências e trilham ou trilharam os caminhos do ensino superior. Porém, tem-se um contraste quando avalia-se a quantidade de pessoas que sabem pouco ou quase nada sobre eficiência energética, como a maioria dos pesquisados responderam.

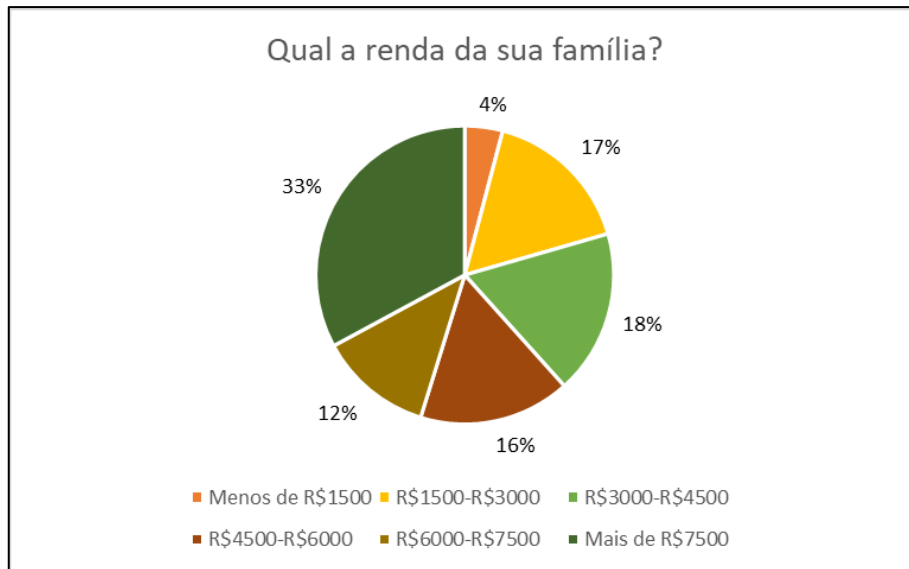


Figura 31: Resposta dos entrevistados à renda familiar. Fonte: Autoria própria.

Uma pesquisa realizada pelos autores Schimidt, Zandomengo e D’Aquino (2016), a qual envolvia a aplicação de um questionário com o tema de eficiência energética, também chegaram à conclusão de que muitas pessoas, independente da idade ou posição social, possuem poucos conhecimentos sobre eficiência energética. Algumas possíveis consequências para tais acontecimentos podem ser a falta de conscientização por parte dos órgãos de ensino, e pela falta de incentivos por parte do governo, como apresenta a Figura 32. a qual apresenta o grau de insatisfação por parte dos residentes com relação à promoção da eficiência por parte do Estado, de onde se é possível concluir que o brasileiro quase não é exposto ao fato de utilizar energia de forma consciente. Por exemplo, uma das coisas que reflete a não consciência do brasileiro para a eficiência energética são as tecnologias adotadas pelos residentes, já que a maioria significativa dos entrevistados possuem apenas chuveiro elétrico em casa, e não possuem nenhuma tecnologia energeticamente eficiente, como coletores solares.

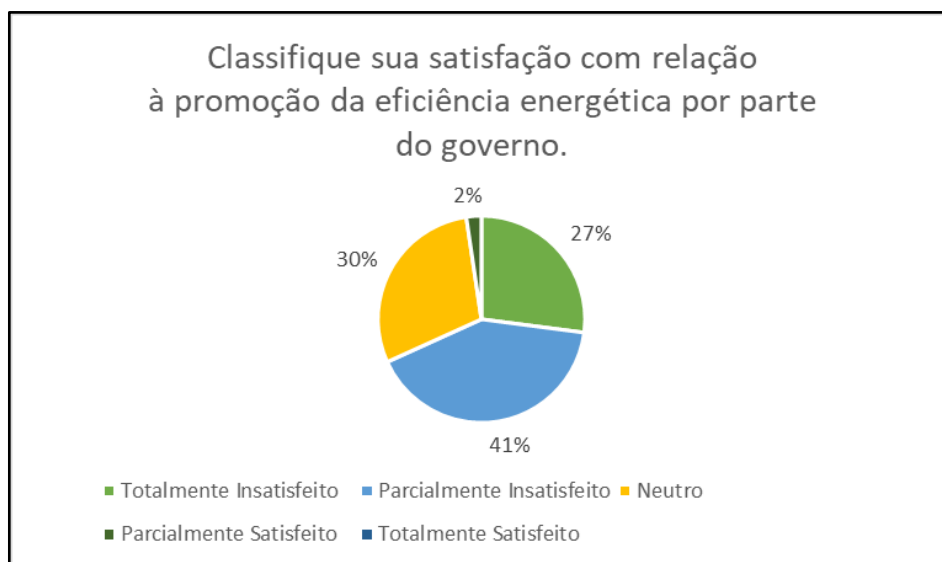


Figura 32: Grau de satisfação dos pesquisados na relação governo-eficiência energética. Fonte: Autoria Própria.

Um outro dado possível de concluir das respostas é com relação à passividade dos moradores perante as medidas de eficiência. A título de exemplo, tem-se que uma das perguntas foi a respeito de quais medidas o residente tomaria para promover a eficiência energética em sua casa. E apesar de poder escolher mais de uma resposta para essa pergunta, ainda sim a medida mais respondida foi apenas de desligar os aparelhos quando não está em uso. Um outro exemplo é que foi exposto a seguinte afirmativa: “O incentivo à eficiência energética em edificações deve ser uma prioridade na sua cidade/país.”, em que a resposta variava de 1 a 5, seguindo a escala Likert, sendo que 1 significa “Discordo Totalmente”, e 5 significa “Concordo Totalmente”. A maioria dos entrevistados dizem não concordar e nem discordar da assertiva, expondo um nível de neutralidade e passividade por parte da população. Uma outra pergunta que evidencia tal fato é sobre qual tecnologia de eficiência energética o pesquisado considera mais relevante para sua residência, e apesar do entrevistado poder escolher mais de uma resposta para essa pergunta, a resposta que mais prevaleceu foi de apenas instalar iluminação LED. Vale ressaltar que a iluminação LED tem sua importância na eficiência de uma residência, como comprovado em tópicos anteriores, no entanto evidencia-se que a escolha dos residentes está direcionada para medidas mais diretas e rápidas se comparadas às muitas outras medidas. Uma das possíveis justificativas é justamente devido ao clima local. Como mostrado anteriormente, a temperatura média em zonas ZB3 costuma ser 18°C no Inverno e 23°C no Verão, e tais temperaturas já são ideais para conforto térmico, não

necessitando de uma intervenção no tocante à melhora térmica. No entanto, para além disto, um dos fatores para essa passividade pode ser devido ao preço das tecnologias existentes no mercado para promoção da eficiência. Como comprovado em tópicos anteriores do presente trabalho, e da mesma forma que o questionário mostra, o principal fator que desestimula as pessoas a investirem em tecnologias eficientes é o custo inicial de instalação, como mostra a Figura 33.

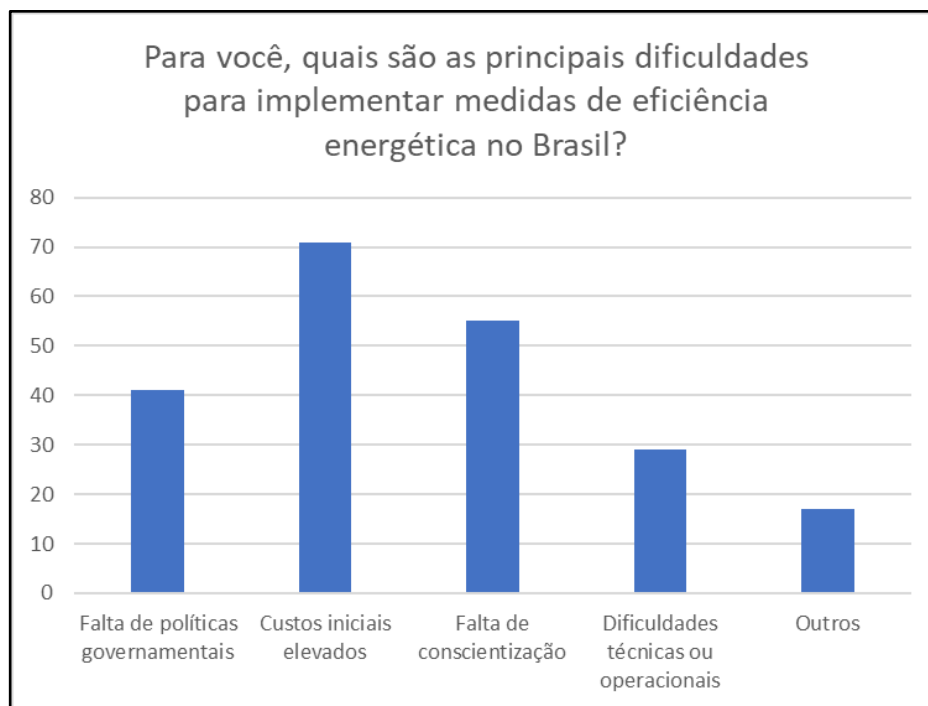


Figura 33: Resposta dos entrevistados para as principais dificuldades em implementar medidas de eficiência energética. Fonte: Autoria Própria.

Sobre a participação governamental na promoção da eficiência energética, quase todos os pesquisados, conforme Figura 34, alegam nunca terem participado de algum programa de financiamento do governo que promovesse o assunto, além de alegarem estar insatisfeitos com a atuação governamental perante o lema; e que era papel do governo criar, implementar e promover ações que estimulem a eficiência energética residencial, e poucos acreditam que isso deve ser uma iniciativa privada. Segundo os próprios entrevistados, depois dos altos custos de implementação de sistemas que poderiam promover a eficiência residencial (instalação de fontes renováveis, uso de materiais sustentáveis, etc), os outros dois principais fatores que atrapalham são: falta de

conscientização e falta de políticas governamentais, o qual engloba os dois primeiros, pois o governo detém poder de estimular a economia e incentivar a compra de materiais e tecnologias sustentáveis, além de que o mesmo também detém o poder de promoção da conscientização por vias de telecomunicação, dentre outros.

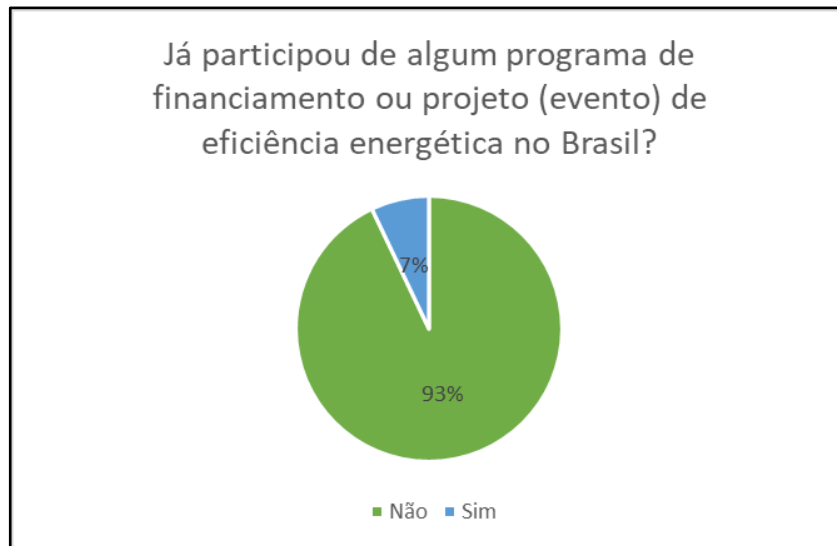


Figura 34: Resposta dos entrevistados com relação à participação em programas ou projetos de eficiência energética no Brasil. Fonte: Autoria Própria.

Com relação às tecnologias e demais medidas de eficiência, tem-se um número preocupante: como dito em alguns parágrafos anteriores, preponderantemente os pesquisados não possuem qualquer tecnologia que promovam uma eficiência de energia em suas casas, além de não considerarem importante medidas passivas de eficiência energética, como a instalação de isolantes térmicos. Tem-se uma outra pergunta que evidencia essa visão: “Classifique quais medidas de eficiência você implementaria em sua casa.”, onde haviam várias opções de medidas de eficiência, e para cada medida de eficiência, a pessoa poderia responder: “Não implementaria”, “Talvez implementaria” e “Sim, implementaria”, e a opção em que teve o maior número de “Não implementaria” e a segunda que teve o menor número de “Sim, implementaria” foi a medida de isolamento térmico. Ainda na mesma pergunta, as duas opções que mais obteve a resposta “Sim, implementaria”, foi para “Uso de eletrodomésticos e iluminação eficiente” e “Instalação de energias renováveis”. A opção que recebeu maior número de “Talvez implementaria” foi a medida de gerenciamento de energia, revelando que a população pesquisada tem

suas dúvidas se é válido o esforço para instalação desse sistema. Acredita-se que um dos principais motivos para essa resposta é porque muitos residentes podem acreditar que este monitoramento possa ser realizado pelo próprio morador, sem a necessidade de se investir em quaisquer sistemas para tal.

Apesar da passividade que muitos moradores demonstraram com relação às medidas de eficiência, na pergunta sobre qual energia renovável implantaria em casa, as duas respostas predominantes se deram nas placas solares, tanto para geração de energia elétrica quanto para aquecimento solar. Isso revela mais um fato exposto por pesquisas, os quais dizem que mais de 90% das tecnologias implantadas em residências utilizam a radiação solar como fonte (Figura 35).

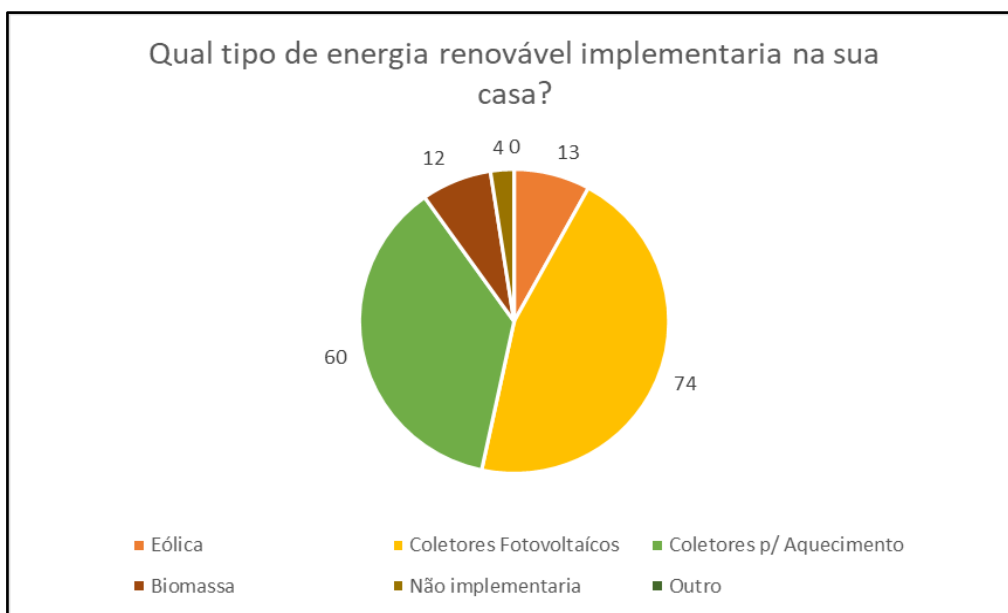


Figura 35: Resposta dos entrevistados para os tipos de energias renováveis que implementariam em casa. Fonte: Autoria Própria.

Uma pergunta semelhante à última é: “Quais tecnologias de eficiência energética você considera mais relevantes na sua residência?”, onde os pesquisados poderiam escolher mais de uma alternativa, a opção mais votada foi para iluminação LED, seguido das tecnologias que utilizam fonte solar. Novamente, supõe-se que isso se dá pela facilidade de compra e de implementação que uma lâmpada LED tem mediante às outras tecnologias, conforme mostra a Figura 36.

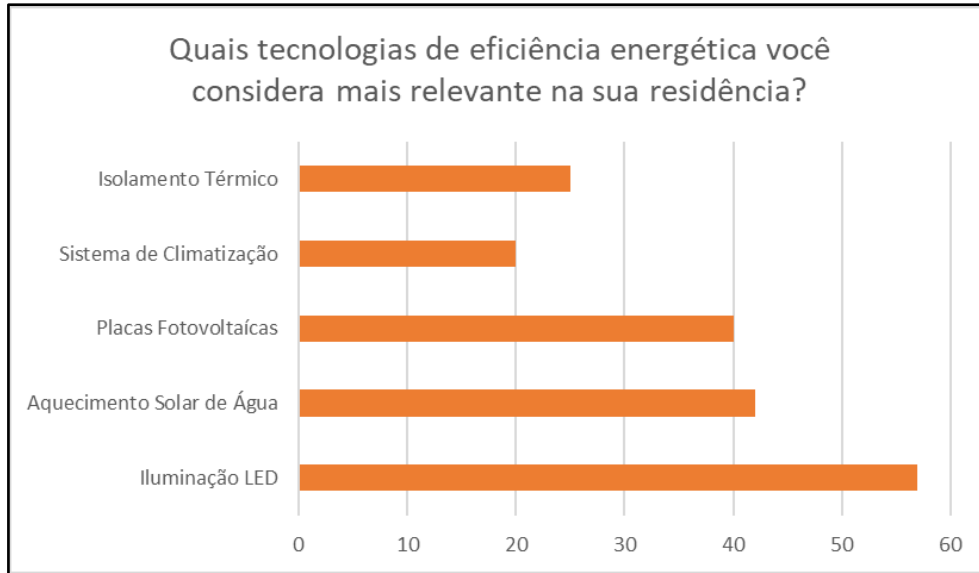


Figura 36: As tecnologias de eficiência energética que os entrevistados consideraram relevantes. Fonte: Autoria Própria.

E essa opção pela facilidade reverbera na última questão do questionário, a qual pergunta “O que você faria para contribuir com a eficiência energética residencial?”, podendo escolher mais de uma opção de resposta, porém ainda sim a escolha mais selecionada foi simplesmente “Desligar os aparelhos quando não estou a utilizá-los”, seguido de “Escolheria aparelhos com certificação energética”,.

7. CONCLUSÃO

Conforme discutido ao longo dos capítulos anteriores, o Brasil apresenta um significativo potencial para promover a eficiência energética, especialmente no setor residencial, que responde por aproximadamente 24% do consumo de energia elétrica do país. A análise realizada revelou que as edificações habitacionais brasileiras podem impulsionar a eficiência energética por meio de diversas abordagens, incluindo o uso de energias renováveis, aprimoramento de equipamentos residenciais, conscientização da população com relação à importância de se implementar medidas de EE residenciais e adoção de práticas arquitetônicas inovadoras.

É importante destacar que o setor residencial, além de seu expressivo consumo de energia, tem demonstrado um crescimento notável na geração distribuída de energia elétrica, principalmente através da instalação de coletores fotovoltaicos. Incentivos governamentais, como as alterações na Lei 9.991/2000 pela Lei 13.280 e as ações do Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (Procel), têm sido fundamentais para impulsionar a eficiência energética nas residências, promovendo projetos que evidenciam sua importância e viabilidade econômica. Essas iniciativas, aliadas ao potencial brasileiro em energias renováveis, sinalizam uma possível revolução energética no país.

O Brasil está caminhando em direção a um futuro mais sustentável. As estatísticas e estudos citados confirmam que o país não apenas é rico em recursos naturais, mas também está adotando medidas práticas para otimizar seu uso, com foco especial no setor residencial. O potencial para geração de energia renovável, especialmente solar e eólica, é vasto e vem ganhando reconhecimento não só por parte de entidades governamentais, como a ANEEL, mas também pelo setor privado e consumidores. Contudo, para alcançar sucesso sustentável em eficiência energética, é necessário mais do que a exploração de recursos naturais e avanços tecnológicos; uma transformação cultural e educacional também se faz essencial

Apesar do Brasil possuir capacidades significativas para avançar na eficiência energética, a realidade atual ainda enfrenta desafios. Obstáculos financeiros, educacionais e governamentais são evidentes no país. No aspecto financeiro, um dos principais desafios é o investimento em eficiência energética, que, como mencionado, representa apenas 1% dos investimentos totais no setor energético brasileiro. De acordo com a própria Agência Nacional de Energia Elétrica (2022), além das dificuldades financeiras e fiscais que o país

tem enfrentado, o Estado não consegue direcionar corretamente os recursos que têm para financiar ações de eficiência energética, desde implementações à incentivos. E quando se refere à falta de investimento, não é apenas do governo, mas sim da população. Há aquela parcela da população mais afortunada que possui condições para investir em eficiência em suas casas, partindo do pressuposto que possuem recursos para tal, além de serem os maiores consumidores de energia, uma vez que o gasto energético é diretamente proporcional à renda, de forma que as classes mais altas têm tendência a consumir mais da metade dos gastos totais em conjunto às outras classes sociais. Mas seja por desinformação ou por insensibilidade ao tema, sabe-se que as classes mais altas não têm investido em eficiência energética. Entretanto, a realidade para a grande parte da população é que por não possuírem recursos suficientes, não tem condições para investir em eficiência, ainda que tivessem conhecimento e sensibilidade para tal. De acordo com dados do Banco Mundial (2020), 21% da população brasileira vive abaixo da linha de pobreza, pois sobrevivem com uma renda inferior a US\$5.50 dólares por dia. Por isso que, para Cruz (2018), o custo inicial de implementação se torna um desafio a ser superado, uma vez que muitas medidas de eficiência energética vão exigir uma injeção de dinheiro significativa em tecnologias e equipamentos.

Ainda sob a perspectiva econômica, o investimento em medidas de eficiência energética apresenta baixo impacto financeiro no momento de venda ou aluguel do imóvel, desestimulando o empresariado imobiliário a investir. No decorrer das revisões bibliográficas, pôde-se comprovar que o imóvel valoriza cerca de 5% quando instalado medidas para uso eficiente de energia, porcentagem esta considerada baixa perante o investimento aplicado pelo proprietário. Um número que evidencia o quão pouco o brasileiro investe em eficiência energética nos edifícios de habitação é a quantidade de imóveis etiquetados em comparação à quantidade de residências com acesso à rede elétrica, pois para além da pouca procura, não há formas de se etiquetar uma residência sem seguir o que o código exige; sendo que muitas exigências do código direcionam à implementação de medidas de eficiência. Portanto, comparando-se as respostas da pesquisa e do levantamento bibliográfico, tem-se que a falta de informação, os maus hábitos e costumes dos residentes, a indisponibilidade de produto ou serviço (justamente por não haver uma formação específica na área) e a incerteza do desempenho perante ao alto custo inicial são consideradas barreiras que fazem com que o brasileiro não reflita e não invista em eficiência energética em sua casa.

Partindo para a perspectiva legal, o Brasil possui programas e leis que orientam o uso eficiente de energia nas habitações, como Procel e o PBE Edifica, juntamente com o RTQ-R, além das certificações internacionais citadas anteriormente; além das NBRs e legislações vigentes que contemplam ações de eficiência energética. No entanto, uma das principais barreiras é que quase nenhuma norma, legislação ou regulamento é voltada diretamente para edificações habitacionais, e as que são, não são compulsórias. A título de exemplo, os Estados Unidos possuem um código de regulamentação residencial chamado IRC (International Residential Code), o México possui o New Mexico Energy Conservation Code, a Alemanha possui o EnEV, dentre outros países com seus respectivos códigos, assim como o Brasil possui o RTQ-R. Um outro exemplo é Portugal, o qual possui também seu certificado que classifica a eficiência energética de uma propriedade em uma graduação que vai de A+ (alta eficiência) a F (baixa eficiência). Este relatório é elaborado por especialistas credenciados pela Agência para a Energia (ADENE), que é a autoridade responsável pelo sistema de certificação energética de edifícios (SCE). O documento detalha as propriedades construtivas do imóvel e seu consumo de energia para diversas finalidades, incluindo o aquecimento e resfriamento do ambiente e a geração de água quente sanitária. Além disso, propõe recomendações para diminuir o consumo energético, como a adoção de janelas com vidros duplos, aprimoramento do isolamento térmico ou a utilização de aparelhos mais eficientes em termos energéticos.

Dentre todos os países pesquisados e citados anteriormente, a nação brasileira é a única onde a aplicação do código é voluntário por parte do residente. No entanto, os instrumentos legais utilizados para auxílio do uso eficiente de energia não são compulsórios para o consumidor final, isso quando se refere ao consumidor final, pois na maioria dos casos, a diretiva sempre é para alguma empresa. Como afirmado pelos autores Castro e Santos (2018), as regulamentações são incipientes.

Percebe-se também, um grande desafio a ser enfrentado no âmbito educacional. Sabe-se que a educação básica é um fundamento essencial para a construção de uma sociedade civilizada, e aquilo que é aprendido dentro do ensino básico pode-se tornar essencial para a construção do caráter de uma pessoa. No entanto, a educação básica não está disposta de recursos ou ensinamentos mínimos de eficiência energética, de forma que conscientize as crianças e adolescentes. Como provado em tópicos anteriores, há um déficit de ensino a respeito não apenas do uso eficiente de energia, mas de quase todo

assunto que abrange a sustentabilidade, os estudos sobre eficiência energética têm sido focados apenas na região Sudeste. Ainda em contexto de ensino, sabe-se também que as universidades não têm dado o devido foco para este assunto, ainda que os cursos lecionados nas universidades estejam relacionados com o tema da sustentabilidade residencial, como os cursos de Arquitetura e Engenharia Civil, além de que foram identificados poucos estudos que avaliem os diversos aspectos para implementação e promoção da eficiência energética no Brasil, como estudos para as regulamentações, legislações, entre outros.

Como o próprio Plano Nacional de Eficiência Energética sugere, deve-se ensinar Eficiência Energética nas escolas de ensino básico e ensino profissional, o que ainda não acontece com a efetividade desejada, já que um dos principais desafios é o desenvolvimento de políticas públicas e de articulações com instituições que possam aumentar o impacto das ações de eficiência energética, como universidades; pois, como apresentado em tópicos anteriores, as universidades quase não tem ensinado sobre o uso eficiente de energia, já que as disciplinas que compõem este assunto são optativas, ou possuem poucas horas de ensino, revelando o desconhecimento das instituições para a importância do assunto. E por isso que a PNEf incluiu este ítem como sendo um desafio a ser superado: “Incluir disciplina cativa de Eficiência Energética em cursos superiores de Ciência e Tecnologia, como arquitetura e engenharias elétricas, civil, mecânica e matérias adjacentes.”

Portanto, embora o Brasil seja um país dotado de recursos naturais abundantes e possui um significativo potencial para avançar em eficiência energética, ainda enfrenta inúmeros desafios que impedem o aproveitamento total dessas vantagens. Por exemplo, tanto o Estado quanto os cidadãos não são conscientizados e estimulados o suficiente a agirem pensando em eficiência energética, cada um por razões variadas que vão desde a falta de recursos até a ausência de incentivos claros. Já por vias legais, as regulamentações existentes carecem de força compulsória, tornando difícil a implementação generalizada de práticas mais eficientes. No âmbito educacional, a ausência de currículos que abordam a eficiência energética desde a educação básica até o ensino superior significa que as futuras gerações não estão sendo preparadas para enfrentar este desafio de forma eficaz. Por último, no âmbito das políticas públicas, o país tem uma posição de retaguarda, não conseguindo capitalizar plenamente os seus recursos naturais, como a abundante luz solar.

Ao se abordar a eficiência energética em edifícios de habitação no Brasil, é possível filtrar algumas oportunidades e muitos desafios. Inclusive no âmbito das pesquisas, pois no presente trabalho, a pesquisa foi pautada em muitos trabalhos secundários, baseado em algumas razões: o país se encontra na América do Sul, e o trabalho foi desenvolvido na Europa, dificultando o acesso à informações empíricas; mas também há escassez de estudos realizados especificamente ao âmbito de eficiência energética em habitações para o Brasil. Para além da bibliografia, a aplicação do questionário durante o desenvolvimento do trabalho revelou obstáculos no engajamento dos respondentes. Este aspecto, aliado à carência de material específico sobre eficiência energética em edifícios, sugere que o interesse do brasileiro no tema, embora crescente, ainda é incipiente.

O Brasil, riquíssimo em seus potenciais naturais, apresenta vantagens climáticas que favorecem a eficiência energética. A elevada irradiação solar, as temperaturas amenas que reduzem a demanda por climatização e a tendência popular pelo uso de iluminação LED são elementos que poderiam contribuir para um cenário energético mais sustentável. Portanto, o caminho para eficiência energética em edifícios de habitação no Brasil possui mais barreiras do que oportunidades. O país detém alguns números impressionantes demonstrados no decorrer do trabalho, como sua posição em algumas certificações, porém é insuficiente se comparado à sua proporção e tamanho populacional. As vantagens naturais do Brasil, como clima, seus biomas, entre outros aspectos, já oferecem oportunidades para o uso eficiente de energia, porém ainda são necessários alguns passos humanos para que o ideal sustentável para o país seja alcançado. No entanto, apesar de existir diversas barreiras, o país tem um longo caminho a percorrer até que alcance um patamar ideal de sustentabilidade na construção civil.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aaker, D., Day, G., & Kumar, V. (2001). *Marketing Research* (7th ed.).
- ABNT NBR 15575-1. (2013). *Edificações habitacionais - Desempenho*. www.abnt.org.br
- Abrahão, K. C. de F. J., & Souza, R. G. V. de. (2021). Estimativa da evolução do uso final de energia elétrica no setor residencial do Brasil por região geográfica. *Ambiente Construído*, 21(2), 383–408. <https://doi.org/10.1590/s1678-86212021000200532>
- ACEEE, A. C. for an E.-E. E. (2023). *International Energy Efficiency Scorecard - Brazil* (pp. 1–1).
- Aguilar, H. M. C. (2018). *Desempenho térmico e energético de uma edificação na região amazônica brasileira* [Tese de Doutorado]. Universidade Federal do Pará.
- Andrade, E. F. de, & Andrade, F. K. G. de. (2021). Análise crítica da implantação da certificação LEED em edificações comerciais no estado de Pernambuco. *Encontro de Sustentabilidade Em Projetos*, 232–244.
- Araujo, A. M. F. de. (2015). *Avaliação do Ciclo de Vida Energético de Construções durante a fase Pré-Operacional com Auxílio de Ferramentas BIM* [Universidade Tecnológica Federal do Paraná]. www.utfpr.edu.br
- Artaxo, P. (2023). *Mudanças climáticas: caminhos para o Brasil*.
- Asdrubali, F., Baldassarri, C., & Fthenakis, V. (2013). Life cycle analysis in the construction sector: Guiding the optimization of conventional Italian buildings. *Energy and Buildings*, 64, 73–89. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2013.04.018>
- Babbie, E. (2016). *The Practice of Social Research* (14th ed.).
- Bastos, F. (2023). *Cerca de 70% dos brasileiros já consideraram instalar energia solar em casa*. Revista EXAME. <https://exame.com/esg/energia-solar-casa/>
- Bavaresco, M. V, Cuchivague, H. Y. O., Schinazi, A., & Ghisi, E. (2021). Aspectos impactantes no desempenho energético de habitações de interesse social brasileiras:

revisão de literatura. *Ambiente Construído*, 21(1), 263–292.
<https://doi.org/10.1590/s1678-86212021000100505>

BEN. (2022). *Balanço energético nacional*.

Betim, R. C., Silva, M. J. F., & Pinho, F. F. S. (2022). Utilização de BIM na melhoria do desempenho energético em edifícios comerciais. In *4º Congresso Português de Building Information Modelling vol. 1 - ptBIM* (pp. 287–297). UMinho Editora.
<https://doi.org/10.21814/uminho.ed.32.24>

Brasil. (2013). *ABNT NBR Edificações Habitacionais - Desempenho Parte 1: Requisitos gerais* (4th ed.). www.abnt.org.br

Brasil. (2021). *Atlas de eficiência energética*.

Brasil. (2022a). *Balanço Energético Nacional*. <http://www.epe.gov.br>

Brasil. (2022b). *Climas Brasil - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística* (pp. 1–1).

Brasil. (2022c). *Estado do Clima no Brasil em 2022 - Instituto Nacional de Meteorologia e Estatística*.

Brasil. (2022d). *Plano Nacional de Eficiência Energética - Premissas e Diretrizes Básicas - Ministério de Minas e Energia*.

Brasil. (2022e). *Resultados Procel 2022*.

Brasil. (2023). *Painel de Indicadores - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística*.
<https://www.ibge.gov.br/indicadores>

Caixa. (2022). *Guia Selo Casa Azul*.

Castro, M. S. de, & Santos, V. N. R. dos. (2018). *A atuação das agências Reguladoras de Energia para o Desenvolvimento Sustentável: Análise comparada entre Brasil e Portugal*.

Chandel, S. S., Sharma, A., & Marwaha, B. M. (2016). Review of energy efficiency initiatives and regulations for residential buildings in India. In *Renewable and Sustainable*

Energy Reviews (Vol. 54, pp. 1443–1458). Elsevier Ltd.
<https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.10.060>

Cruz, A. B. de S. (2018). *Universidade Federal do Rio de Janeiro EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E AMBIENTAL NA ARQUITETURA: UMA FERRAMENTA PARA QUANTIFICAÇÃO DA INTENSIDADE ENERGÉTICA E SUAS EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA* [Tese de Doutorado]. Universidade Federal do Rio de Janeiro.

Faleiros, F., Käßpler, C., Pontes, F. A. R., Silva, S. S. da C., Goes, F. dos S. N. de, & Cucick, C. D. (2016). Use of virtual questionnaire and dissemination as a data collection strategy in scientific studies. *Texto e Contexto Enfermagem*, 25(4).
<https://doi.org/10.1590/0104-07072016003880014>

Ferreira, A. M., & Araujo, D. E. (n.d.). *UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CONSTRUÇÃO CIVIL CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM CONTRUÇÕES SUSTENTÁVEIS AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA ENERGÉTICO DE CONSTRUÇÕES DURANTE A FASE PRÉ-OPERACIONAL COM AUXÍLIO DE FERRAMENTAS BIM CURITIBA 2015*. www.utfpr.edu.br

Fontelles, M. J., Simões, M. G., Almeida, J. C. de, & Fontelles, R. G. S. (2010). *METODOLOGIA DA PESQUISA: DIRETRIZES PARA O CÁLCULO DO TAMANHO DA AMOSTRA*. 57–64.

Giacomin, R. F. (2017). *Eficiência energética das tipologias representativas de edifícios residenciais de um bairro à luz do pbe edifica*.

Hubert, M. A., Campos, M. de, & Viana, J. M. L. (2022). *SISTEMAS DE GERENCIAMENTO DE ENERGIA: UMA REVISÃO*. *Salão Do Conhecimento*.

IEA. (2022). *Energy Efficiency*. www.iea.org

Korzeniewicz, M. B. D. V. (2021). *Análise da Matriz Energéticas brasileira e a participação das energias renováveis a partir das políticas ambientais energéticas*. PUC-RS.

Lima, G. C. de. (2019). *EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA EM PRÉDIOS PÚBLICOS NO SETOR DE EDUCAÇÃO NO*

NORDESTE DO BRASIL: O CASO DA EXPANSÃO DO IFRN [Tese de Doutorado]. Universidade Federal do Rio de Janeiro.

Magalhães, A. S., & Domingues, E. P. (2016). Aumento da eficiência energética no Brasil: Uma opção para uma economia de baixo carbono? *Economia Aplicada*, 20(3), 273–310. <https://doi.org/10.11606/1413-8050/ea146090>

Maginador, J. A. G. (2017). *ANÁLISE DOS IMPACTOS DOS PROGRAMAS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E PROPOSIÇÕES DE MELHORIAS DOS PROGRAMAS NACIONAIS* [Dissertação de Mestrado]. Universidade Estadual Paulista.

Martins, C. A., & Silva, C. S. de S. da. (2022). ESTUDO DAS OPORTUNIDADES DE MELHORIAS PARA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM UMA EMPRESA DO SETOR CALÇADISTA. *MIX Sustentável*, 8(3), 157–172. <https://doi.org/10.29183/2447-3073.mix2022.v8.n3.157-172>

Nascimento, L. P., De, T., & Piazer, S. (2015). *Estudo para Implementação de Selo de Certificação Ambiental em um Bloco da UTFPR – Campus Campo Mourão*. UTFPR-CM.

Oliveira, F. M. de. (2019). *Desenvolvimento de Ferramenta BIM para Avaliação Prescritiva de Eficiência Energética Integrada ao Processo de Projeto*. Universidade Federal de Alagoas.

ONS, O. N. do S. Elétrico. (2023). *Revisão Quadrimestral das Previsões de carga para o Planejamento Anual da Operação Energética 2023-2027*.

Pasa, C. C. M. U., Pasa, L. A., Junior, A. B., & Souza, S. N. M. de. (2012). *AValiação DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES E SUA RELAÇÃO COM OS MATERIAIS CONSTRUTIVOS EMPREGADOS* (Vol. 12, Issue 1).

Pellizzetti, C. S. (2017). *CERTIFICAÇÃO AMBIENTAL DE HABITAÇÕES LEED E AS MUDANÇAS NA GESTÃO DA CONSTRUÇÃO CIVIL SUSTENTÁVEL NA AMÉRICA LATINA*. 1–8. <https://www.usgbc.org/>

Ponath, L. F. G. (2022). *Produção Fotovoltaica Residencial no Brasil: Um Estudo sobre a Eficiência Energética e a Viabilidade Econômica*.

PROCEL Edifica. (2012). *Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais*. www.inmetro.gov.br

Rosa, H. R. (2018). *Avaliação da Eficiência Energética de uma Edificação Multifamiliar por meio da INI-R*. Universidade Federal de Santa Catarina.

Salich Brüggemann, E. (2017). *UNIVERSIDADE DO SUL DE SANTA CATARINA EDUARDO SALICH BRÜGGEMANN EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NO RETROFIT: UMA ABORDAGEM ESPECÍFICA NA ECONOMIA FINANCEIRA DE CONDOMÍNIOS RESIDENCIAIS*.

Santos, F. F. dos. (2019). *Estudo de Caso: Avaliação dos benefícios obtidos com a implantação de práticas de sustentabilidade e de eficiência energética em edificação pública*. [Dissertação de Mestrado]. Universidade Federal Tecnológica do Paraná.

Schimidt, N. L., Zandomengo, R., & D’Abreu, C. de A. (2016). A população de Balneário Arroio do Silva (SC) e o Potencial para geração de Energia Elétrica Renovável: Educação, Energia e Eficiência Energética. *Revista Brasileira de Energias Renováveis*, 181–203.

Schimidt, N. L., Zandomengo, R., & D’Aquino, C. de A. (2016). A POPULAÇÃO DE BALNEÁRIO ARROIO DO SILVA (SC) E O POTENCIAL PARA GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA RENOVÁVEL: EDUCAÇÃO, ENERGIA E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA. *Revista Brasileira de Energias Renováveis*, 182–202.

Serviço Público Federal MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO, INDÚSTRIA E COMÉRCIO EXTERIOR INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA-INMETRO. (n.d.).

Silva, R. D. de S. e. (2018). *Modelo para Tomada de Decisão em Programas de Eficiência Energética no Setor de Distribuição de Eletricidade* [Programa de Pós Graduação em Engenharia Elétrica]. Universidade Federal do Pará.

Simonetti, G. (2021, June 7). *Brasil é o 5º país do mundo com maior número de “edifícios verdes” certificados*. Forbes. <https://forbes.com.br/forbesesg/2021/06/brasil-e-o-5o-pais-do-mundo-com-maior-numero-de-edificios-verdes-certificados/>

Soares, M. P. S. P., Peixoto, L. G., Rodrigues, R. G., Moreira, M. A. C., Junior, L. P. Q., & Oliveira, V. de P. S. de. (2021). Uma revisão bibliográfica de medidas de eficiência energética em edifícios. *Boletim Do Observatório Ambiental*, 1–16. <https://doi.org/10.19180/2177-4560.v15n12021p32-47>

Soares, R. M. D. (2014). *Aplicação do Regulamento para Etiquetagem do Nível de Eficiência Energética em Edificação Unifamiliar Padrão Normal na Zona Bioclimática 2 Brasileira*. Universidade Federal de Santa Maria.

Tavares, S. F. (2006). *Metodologia de análise do ciclo de vida energético de edificações residenciais brasileiras* [Tese de Doutorado]. Universidade Federal de Santa Catarina.

Tocchio, G. G. (2020). *Projeção da Demanda por Ar Condicionado no Setor Residencial Brasileiro*. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Tolmasquin, M. (2000). As origens da Crise Energética Brasileira. *Ambiente & Sociedade*, 179–183.

USP. (2012). *Temperatura Média dos Estados*. http://www.grec.iag.usp.br/link_grec_old/relatorios_climatologicos/2012/janeiro/janeiro2012.htm

Vanzolini, F. (2023). *AQUA-HQE™*. <https://vanzolini.org.br/certificacao/sustentabilidade-certificacao/aqua-hqe/>

Vieira, J. C., Evangelista, M. A., ROMAGNOLI SILVEIRA LIMA, F., & Diniz Oliveira, R. (2023). ESTUDO DE CLASSIFICAÇÃO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DO PRÉDIO 20 DO CEFET-MG. In *Ciência Brasileira: Múltiplos olhares - Engenharias*. Even3 Publicações. <https://doi.org/10.29327/cb-engenharias-1.623594>

Vilela, C. T. de S., & Souza, R. (2019). O custo da Eficiência Energética em uma Edificação Residencial em Belo Horizonte - MG. *Encontro Nacional de Conforto No Ambiente Construído*. <https://www.researchgate.net/publication/337334995>

Weather Spark. (2023). *Histórico de condições meteorológicas em 2023 em Belo Horizonte*. <https://pt.weatherspark.com/h/y/30612/2023/Condições-meteorológicas-históricas-durante-2023-em-Belo-Horizonte-Brasil#Figures-ColorTemperature>

Wu, Z., Wang, B., & Xia, X. (2016). Large-scale building energy efficiency retrofit: Concept, model and control. *Energy*, *109*, 456–465. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2016.04.124>

ANEXO A - QUESTIONÁRIO

1) Quantos anos você tem? (Resposta Aberta)

2) Qual seu gênero?

<input type="radio"/> Masculino
<input type="radio"/> Feminino
<input type="radio"/> Prefiro não dizer
<input type="radio"/> Outro: _____

Fonte: A autoria Própria.

3) Qual seu nível de escolaridade?

<input type="radio"/> Ensino Fundamental Incompleto
<input type="radio"/> Ensino Médio Incompleto
<input type="radio"/> Ensino Médio Completo
<input type="radio"/> Ensino Superior Incompleto
<input type="radio"/> Ensino Superior Completo
<input type="radio"/> Outro: _____

Fonte: A autoria Própria.

4) Classifique o quanto foi ensinado sobre eficiência energética na escola/faculdade.

Nada

1

2

3

4

5

Muito

Fonte: Autoria Própria.

5) Qual seu nível de conhecimento sobre eficiência energética?

Nada

1

2

3

4

5

Muito

Fonte: Autoria Própria.

6) Avalie a importância da educação e conscientização da eficiência energética no Brasil.

Pouco importante

1

2

3

4

5

Muito importante

Fonte: Autoria Própria.

7) Qual sua profissão? (Resposta Aberta)

8) Quantas pessoas (incluindo você) têm na sua família nuclear (pai/mãe/irmãos)?

2

3

4

5

Mais de 5

Fonte: Autoria Própria.

9) Qual a renda da sua família?

Menos de R\$1500,00

Entre R\$1500,00 e R\$3000,00

Entre R\$3000,00 e R\$4500,00

Entre R\$4500,00 e R\$6000,00

Entre R\$6000,00 e R\$7500,00

Mais de R\$7500,00

Fonte: Autoria Própria.

10) Em qual região do Brasil você mora?

<input type="radio"/> São Paulo (capital) ou Região Metropolitana
<input type="radio"/> Florianópolis ou Região Metropolitana
<input type="radio"/> Belo Horizonte ou Região Metropolitana
<input type="radio"/> Porto Alegre ou Região Metropolitana
<input type="radio"/> Outro: _____

Fonte: Autoria Própria.

11) Aonde você mora? (R: Casa; Apartamento; Outro)

12) É dono(a) do local? (R: Sim, sou dono; Não, é alugado; Outro)

13) Neste momento, você está:

<input type="radio"/> Sentado, sem exercer atividade física
<input type="radio"/> Sentado, exercendo atividade física
<input type="radio"/> Em pé, sem exercer atividade física
<input type="radio"/> Em pé, exercendo atividade física

Fonte: Autoria Própria.

14) Qual sensação térmica você está sentindo agora?

	Muito Frio	_____
1	<input type="radio"/>	_____
2	<input type="radio"/>	_____
3	<input type="radio"/>	_____
4	<input type="radio"/>	_____
5	<input type="radio"/>	_____
	Muito Quente	_____

Fonte: Autoria Própria.

15) Classifique o nível de conforto térmico dos cômodos da sua casa.

	Muito inconfortável	Inconfortável	Não sei dizer	Confortável	Muito Confortável
Quarto	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Cozinha	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Sala de Estar	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Sala de Jantar	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Banheiro	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Fonte: Autoria Própria.

16) Classifique a direção dos cômodos da sua casa.

	Norte	Sul	Leste	Oeste	Não sei dizer
Quarto	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Cozinha	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Sala de Estar	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Sala de Jantar	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Banheiro	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Fonte: Autoria Própria.

17) Classifique a importância da eficiência energética e do conforto térmico em uma moradia.

Não é importante.

1

2

3

4

5

Muito importante

Fonte: Autoria Própria.

18) Classifique o conforto térmico da sua atual residência.

Muito ruim

1

2

3

4

5

Muito bom

Fonte: Autoria Própria.

19) Por qual motivo você se sente desconfortável?

<input type="checkbox"/>	Não me sinto desconfortável
<input type="checkbox"/>	Sinto frio no inverno ou outras estações
<input type="checkbox"/>	Sinto calor no verão ou outras estações
<input type="checkbox"/>	Não há ventilação adequada
<input type="checkbox"/>	Ar muito úmido
<input type="checkbox"/>	Ar pouco úmido

Fonte: Autoria Própria.

20) Na sua opinião, qual faixa de temperatura é ideal em ambientes internos? (I: Inverno e V: Verão)

<input type="radio"/>	I: 18°C-20°C / V: 23°C-25°C
<input type="radio"/>	I: 20°C-22°C / V: 25°C-27°C
<input type="radio"/>	I: 22°C-24°C / V: 27°C-29°C
<input type="radio"/>	I: 24°C-26°C / V: 29°C-31°C
<input type="radio"/>	Outro: _____

Fonte: Autoria Própria.

21) Que tipo de roupa você usa em ambientes internos?

<input type="radio"/>	Roupas leves, como camisetas regatas e bermudas
<input type="radio"/>	Roupas médias, como camisas e calças convencionais
<input type="radio"/>	Roupas pesadas, como moletons e peças de roupas de lã
<input type="radio"/>	Outro: _____

Fonte: Autoria Própria.

22) Já participou de algum programa de financiamento ou projeto (evento) de eficiência energética no Brasil? (R: Sim; Não)

23) Classifique qual os papéis do governo com relação à eficiência energética nas edificações.

	1	2	3	4	5
Implementação de políticas e regulamentações que incentivem a eficiência energética em novos edifícios.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Criação de programas de subsídios ou incentivos fiscais para melhorar a eficiência energética em edifícios existentes.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Promover a formação e educação de profissionais no campo da eficiência energética.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Promoção de campanhas de conscientização pública sobre a importância da eficiência energética.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Não tem papel, a eficiência energética em edifícios deve ser conduzida exclusivamente	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Fonte: Autoria Própria.

24) O incentivo à eficiência energética em edificações deve ser uma prioridade na sua cidade/país.

Fonte: Autoria Própria.

25) Classifique sua SATISFAÇÃO com relação à promoção da eficiência energética por parte do governo.

Fonte: Autoria Própria.

26) Quais desses sistemas você tem em casa?

<input type="checkbox"/>	Eólico
<input type="checkbox"/>	Fotovoltaico
<input type="checkbox"/>	Coletor solar para Aquecimento
<input type="checkbox"/>	Climatização (Ar Condicionado ou Aquecedor Elétrico)
<input type="checkbox"/>	Chuveiro Elétrico
<input type="checkbox"/>	Torneira Elétrica
<input type="checkbox"/>	Não tenho nenhum destes sistemas
<input type="checkbox"/>	Outro: _____

Fonte: Aatoria Própria.

27) Quanto você gasta de conta de luz por mês?

<input type="radio"/>	Não sei dizer
<input type="radio"/>	Não gasto nada
<input type="radio"/>	Entre R\$0 e R\$300
<input type="radio"/>	Entre R\$300-R\$500
<input type="radio"/>	Entre R\$500-R\$700
<input type="radio"/>	Entre R\$700-R\$1000
<input type="radio"/>	Mais de R\$1000

Fonte: Aatoria Própria.

28) Quanto custou, em média, para implementar os sistemas? (Resposta Aberta).

29) Para você, quais são as principais dificuldades para implementar medidas de eficiência energética no Brasil?

<input type="checkbox"/>	Falta de políticas governamentais
<input type="checkbox"/>	Custos iniciais elevados
<input type="checkbox"/>	Falta de conscientização
<input type="checkbox"/>	Dificuldades técnicas e operacionais
<input type="checkbox"/>	Resistência do setor privado
<input type="checkbox"/>	Outro: _____

Fonte: Aatoria Própria.

30) Classifique quais medidas de eficiência você implementaria em sua casa.

	Não implementaria	Talvez implementaria	Sim, implementaria
Instalação de energias renováveis	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Melhoria de isolamento térmico	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Uso de eletrodomésticos e iluminação eficientes	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Eficiência passiva (materiais sustentáveis, orientação da casa, tipos de janelas, etc)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Implementação de sistemas de gestão e monitoramento de energia	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Fonte: Autoria Própria.

31) Qual tipo de energia renovável implementaria na sua casa?

<input type="checkbox"/> Eólico (utiliza a energia do vento)
<input type="checkbox"/> Fotovoltaico (utiliza a energia solar para gerar ELETRICIDADE)
<input type="checkbox"/> Coletor Solar (utiliza a energia solar para AQUECIMENTO)
<input type="checkbox"/> Biomassa (utiliza fogões e caldeiras a biomassa p/ aquecer ou gerar energia)
<input type="checkbox"/> Não implementaria nenhuma energia renovável
<input type="checkbox"/> Outro: _____

Fonte: Autoria Própria.

32) Quais tecnologias de eficiência energética você considera mais relevante na sua residência?

<input type="checkbox"/> Iluminação LED
<input type="checkbox"/> Aquecimento solar de água
<input type="checkbox"/> Energia solar fotovoltaica
<input type="checkbox"/> Sistema de climatização
<input type="checkbox"/> Isolamento térmico
<input type="checkbox"/> Outro: _____

Fonte: Autoria Própria.

33) O que você faria para contribuir com a eficiência energética residencial?

<input type="checkbox"/> Não faria nada
<input type="checkbox"/> Desligaria os aparelhos quando não estou utilizando
<input type="checkbox"/> Compraria aparelhos que contenham certificações energéticas
<input type="checkbox"/> Escolheria edificações mais eficientes
<input type="checkbox"/> Exigiria que as empresas construtoras adotem práticas mais sustentáveis
<input type="checkbox"/> Outro: _____

Fonte: Autoria Própria.