

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
ESCOLA DE ENGENHARIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

Conrado Cruz dos Santos

**ESTRATÉGIAS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA PARA HABITAÇÕES DE  
INTERESSE SOCIAL**

Porto Alegre

2023

Conrado Cruz dos Santos

**ESTRATÉGIAS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA PARA HABITAÇÕES DE  
INTERESSE SOCIAL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao  
Departamento de Engenharia Civil da Escola de  
Engenharia da Universidade Federal do Rio  
Grande do Sul, como requisito parcial para a  
obtenção do título de Engenheiro Civil

Orientador: Prof. Luis Carlos Bonin

Porto Alegre

2023

Cruz dos Santos, Conrado  
ESTRATÉGIAS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA PARA  
HABITAÇÕES DE INTERESSE SOCIAL / Conrado Cruz dos  
Santos. -- 2023.  
64 f.  
Orientador: Luis Carlos Bonin.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação) --  
Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Escola de  
Engenharia, Curso de Engenharia Civil, Porto Alegre,  
BR-RS, 2023.

1. Eficiência Energética. I. Bonin, Luis Carlos,  
orient. II. Título.

Conrado Cruz dos Santos

**ESTRATÉGIAS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA PARA HABITAÇÕES DE  
INTERESSE SOCIAL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Engenharia Civil da Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheiro Civil

Aprovado em: 06 de setembro de 2023.

**BANCA EXAMINADORA**

Orientador: Prof<sup>o</sup>. Luis Carlos Bonin

Prof<sup>a</sup>. Fernanda Lamego Guerra

Prof<sup>a</sup> Roberta Picanço Casarin

*Dedico este trabalho aos meus pais, Luís e Vera, esposa, Renata, e filhos, Luiza, Conrado Filho e Benjamin, que me inspiram, me apoiam e motivam a vencer os desafios não só do meu Curso de Graduação, mas na vida.*

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço à minha família, que foi o meu porto seguro durante esta jornada acadêmica. Em especial, à minha esposa, que esteve ao meu lado em todos os momentos, me apoiando, incentivando e compreendendo as minhas ausências. Aos meus filhos, que são a minha maior motivação e orgulho. Aos meus pais, que me ensinaram os valores da educação e do trabalho.

Agradeço também ao meu professor Luís Carlos Bonin, que aceitou o desafio de me orientar neste trabalho, demonstrando sensibilidade, paciência e competência para me guiar no que realmente eu precisava para realizar este presente trabalho.

*Não é o mais forte que sobrevive, nem o mais inteligente,  
mas o que melhor se adapta às mudanças.*

*Leon C. Megginson*

## **RESUMO**

Este trabalho analisa e avalia estratégias de eficiência energética em habitações de interesse social, abordando diversas tecnologias sustentáveis, como isolamento térmico, ventilação natural, iluminação e equipamentos eficientes, aquecimento solar de água, painéis fotovoltaicos, telhados verdes e sistemas de controle de energia. O trabalho discute a viabilidade financeira e os riscos operacionais de cada abordagem, bem como a importância da mudança de comportamento dos ocupantes das residências. O objetivo principal deste trabalho é oferecer orientações práticas para impulsionar a adoção de práticas mais conscientes e responsáveis no âmbito habitacional, contribuindo para a redução do custo das contas de energia, a diminuição da emissão de gases de efeito estufa e o bem-estar dos moradores. É fundamentado na compreensão de que a eficiência energética implica na otimização do uso dos recursos disponíveis, minimizando os impactos ambientais.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Selo Procel .....	27
Figura 2: Janelas com persianas .....	30
Figura 3: Sistema de aquecimento solar. ....	32
Figura 4: Aquecedor solar .....	34
Figura 5: Painéis fotovoltaicos .....	36
Figura 6: Conjunto habitacional .....	37
Figura 7: Funcionamento do sistema fotovoltaico. ....	38
Figura 8: Diagrama de ventilação cruzada .....	40
Figura 9: Ventilação cruzada .....	41
Figura 10: Rede de proteção detalhada.....	42
Figura 11: Rede de proteção .....	42
Figura 12: Sensor de luminosidade .....	45
Figura 13: Ambiente residencial inteligente.....	46
Figura 14: Telhado verde.....	47

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1: Resumo das tecnologias.....	58
---------------------------------------	----

## Sumário

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>12</b>
<b>2 DESCRIÇÃO DO TRABALHO.....</b>	<b>15</b>
2.1 QUESTÕES DE PESQUISA .....	15
2.2 OBJETIVOS .....	16
2.2.1 OBJETIVO PRINCIPAL.....	16
2.2.2 OBJETIVOS SECUNDÁRIOS.....	16
2.3 PREMISSAS .....	16
2.4 DELIMITAÇÕES.....	17
2.5 LIMITAÇÕES .....	18
2.6 ESTRUTURA DO TRABALHO .....	19
<b>3 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NA HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL.....</b>	<b>20</b>
3.1 O QUE É EFICIÊNCIA ENERGÉTICA .....	21
3.2 ESTRATÉGIAS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NUMA HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL.....	23
3.2.1 ISOLAMENTO TÉRMICO .....	24
3.2.2 ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL, EQUIPAMENTOS EFICIENTES E ILUMINAÇÃO NATURAL.....	26
3.2.3 AQUECIMENTO SOLAR DE ÁGUA.....	30
3.2.4 PAINÉIS FOTOVOLTAICOS .....	35
3.2.5 VENTILAÇÃO NATURAL .....	39
3.2.6 TECNOLOGIAS DE CONTROLE DE ENERGIA .....	43
3.2.7 TELHADOS VERDES .....	47
<b>4 CRITÉRIOS PARA A SELEÇÃO DE ESTRATÉGIAS DE EFICIÊNCIA .....</b>	<b>49</b>
4.1 DESCRIÇÃO DE CRITÉRIOS .....	49
4.1.1 BENEFÍCIOS DAS ESTRATÉGIAS .....	49
4.1.2 VIABILIDADE FINANCEIRA.....	51
4.1.3 RISCOS OPERACIONAIS E DE USO .....	52
4.2 APLICAÇÃO DOS CRITÉRIOS.....	53
4.2.1 ISOLAMENTO TÉRMICO .....	53
4.2.2 ILUMINAÇÃO E EQUIPAMENTOS EFICIENTES .....	54

---

4.2.3	AQUECIMENTO SOLAR DE ÁGUA.....	54
4.2.4	PAINÉIS FOTOVOLTAICOS .....	55
4.2.5	VENTILAÇÃO .....	55
4.2.6	ILUMINAÇÃO NATURAL .....	56
4.2.7	TECNOLOGIAS DE CONTROLE DE ENERGIA .....	56
4.2.8	TELHADOS VERDES .....	57
4.3	ESCOLHA DAS ESTRATÉGIAS MAIS VIÁVEIS.....	58
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>62</b>
<b>6</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>64</b>

# 1 INTRODUÇÃO

A busca por soluções sustentáveis na habitação tem se revelado como um tema importante nas últimas décadas, à medida que a conscientização sobre os impactos ambientais e a escassez de recursos naturais ganham destaque na agenda global. A crescente urbanização e a demanda por habitações populares, impulsiona a necessidade de estratégias eficazes de eficiência energética que equilibrem a melhoria das condições de vida e a redução do consumo de recursos (KEELER; PRASAD, 2018). Neste cenário, este trabalho se propõe a explorar um conjunto de estratégias de eficiência energética, considerando seu potencial de aplicação em habitações de interesse social e seus benefícios.

A eficiência energética surge como um dos pilares fundamentais para a construção de um futuro mais sustentável e resiliente. Compreender e adotar estratégias que minimizem o consumo energético não apenas contribui para a mitigação dos impactos ambientais, mas também gera economias significativas a longo prazo (KEELER; PRASAD, 2018).

A incorporação de medidas para eficiência do uso de energia elétrica em habitações pode acarretar maiores investimentos iniciais de construção, porém espera-se que isto seja compensado por significativas economias para os moradores durante o uso dessas habitações. Além disso, a adoção de medidas para o aumento da eficiência em edificações pode gerar externalidades positivas para a sociedade em geral, como a redução das emissões de gases de efeito estufa e a economia de recursos naturais (KEELER; PRASAD, 2018).

O Programa Minha Casa Minha Vida emerge como o maior programa habitacional de interesse social já implementado no Brasil. O programa é uma iniciativa federal de habitação que foi estabelecido em março de 2009. É importante destacar que em sua concepção inicial ele tinha como objetivo primordial estimular a economia (CACCIA et al., 2017; MAIA; MARAFON, 2020).

Nota-se que a maioria dos projetos de Habitação de Interesse Social produzidos no Brasil adota soluções padronizadas, tanto para habitações unifamiliares quanto para multifamiliares. Essa padronização tem como objetivo principal a minimização dos custos de projeto e construção. No entanto, ela frequentemente negligencia algumas considerações, como a qualidade das habitações, as variações climáticas regionais e as necessidades específicas dos

usuários. Isso resulta em habitações concebidas sob a perspectiva de economia de investimentos de construção a curto prazo, o que pode comprometer a qualidade e a adequação das moradias a longo prazo. Essas limitações colocam em destaque a importância de se reavaliar abordagens habitacionais no contexto brasileiro (CACCIA et al., 2017).

O Programa Minha Casa Minha Vida tem o desafio de fornecer moradias adequadas e acessíveis para a população de baixa renda. O papel do Estado é essencial, desempenhando uma série de funções fundamentais. Primeiramente, o Estado é responsável por estabelecer políticas habitacionais que abordem as necessidades das comunidades de baixa renda. Isso envolve a formulação de estratégias, definição de metas e alocação de recursos para atender à demanda por habitação. Além disso, o governo regula o mercado habitacional, estabelecendo diretrizes de financiamento e normas de construção para garantir que as moradias atendam a padrões mínimos de qualidade e segurança (CACCIA et al., 2017).

Uma das maneiras mais diretas pelas quais o Estado pode intervir é financiando ou subsidiando a construção de moradias populares. Isso frequentemente ocorre em parceria com empreendedores privados ou organizações sem fins lucrativos, permitindo que a construção seja realizada em larga escala, reduzindo o déficit habitacional (CACCIA et al., 2017).

Para facilitar o acesso à moradia, o Estado pode oferecer subsídios diretos ou incentivos fiscais, tornando as habitações mais acessíveis financeiramente. Isso pode incluir programas de subsídios à habitação e redução de impostos sobre materiais de construção. O Estado é fundamental na promoção da habitação de interesse social, garantindo o direito à moradia adequada para todos os cidadãos, especialmente os mais vulneráveis economicamente. Sua intervenção é essencial para enfrentar o déficit habitacional e melhorar as condições de vida das comunidades de baixa renda, construindo um futuro mais inclusivo e sustentável (CACCIA et al., 2017).

Por outro lado, existe o Programa de Certificação de Edificações, que é uma iniciativa do Governo Federal brasileiro, promovido pelo Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica, com o intuito de fomentar a eficiência energética em edificações. Especificamente nas habitações de interesse social, o programa desempenha um papel na busca por soluções sustentáveis e na redução do consumo de energia elétrica (CACCIA et al., 2017).

As habitações de interesse social, voltadas para famílias de baixa renda e frequentemente apoiadas pelo governo, são alvos prioritários para a implementação de medidas de eficiência

energética. Isso se deve ao fato de que o consumo de energia representa uma parcela significativa dos gastos dessas famílias, e a eficiência energética pode contribuir para a redução de despesas operacionais (CACCIA et al., 2017).

O principal objetivo do programa é certificar que as edificações atendem a requisitos específicos de eficiência energética. A certificação funciona como um selo de qualidade, atestando que a edificação adota práticas e tecnologias que melhoram seu desempenho energético (INMETRO, 2022).

Para alcançar essa eficiência, o programa promove a adoção de diversas tecnologias e práticas, tais como o uso de isolamento térmico, iluminação e equipamentos eficientes, aquecimento solar de água, painéis fotovoltaicos, ventilação natural, iluminação natural, tecnologias de controle de energia, telhados verdes, entre outras. Essas medidas não apenas reduzem o consumo de energia elétrica, mas também proporcionam benefícios tangíveis aos moradores das habitações de interesse social, como a diminuição das contas de energia e o aumento do conforto nas residências (INMETRO, 2022).

Em resumo, o Programa de Certificação de Edificações, contribui para a melhoria das condições de vida das famílias de baixa renda e para a redução dos impactos ambientais e valoriza as edificações que adotam práticas sustentáveis e eficientes em termos energéticos, beneficiando tanto os moradores quanto o meio ambiente (INMETRO, 2022).

Neste trabalho foram examinadas as estratégias citadas acima. Cada uma dessas abordagens foi explorada compreendendo suas vantagens, desafios e implicações práticas. Além disso, foram discutidas a viabilidade financeira e os riscos operacionais associados a cada tecnologia, considerando sua integração em contextos de habitações de interesse social. Por meio dessa análise buscou não apenas fornecer um panorama das tecnologias de eficiência energética disponíveis, mas também embasar a tomada de decisões no planejamento e construção de habitações de interesse social sustentáveis. Este trabalho visou, portanto, não somente contribuir para o avanço do conhecimento acadêmico, mas também oferecer orientações práticas e concretas para profissionais do setor e formuladores de políticas, impulsionando a adoção de práticas mais conscientes e responsáveis no âmbito habitacional.

## 2 DESCRIÇÃO DO TRABALHO

A seguir são apresentados os parâmetros adotados na realização deste trabalho de conclusão de curso, identificando as questões de pesquisa, objetivos, premissas, delimitações e limitações. Ao final é detalhada a estrutura dos conteúdos deste texto.

### 2.1 QUESTÕES DE PESQUISA

No cenário contemporâneo, marcado pela crescente conscientização sobre a importância da preservação ambiental e do uso responsável dos recursos naturais, a busca por estratégias eficientes de eficiência energética em habitações de interesse social assume um papel de destaque.

A necessidade de mitigar os impactos das mudanças climáticas, reduzir o consumo de energia e promover a sustentabilidade nas edificações é um imperativo que requer abordagens inovadoras e adaptáveis aos contextos socioeconômicos. O presente estudo se propõe a explorar e analisar um conjunto de estratégias de eficiência energética, com ênfase na identificação das estratégias mais efetivas aplicáveis a habitações de interesse social.

Este trabalho fundamenta-se na compreensão de que a eficiência energética não se restringe apenas à redução de consumo, mas também implica na otimização do uso dos recursos disponíveis, minimizando os impactos ambientais e promovendo o bem-estar dos ocupantes. Assim, a análise e avaliação de diferentes estratégias de eficiência energética são conduzidas sob uma perspectiva multidimensional, que considera não apenas os benefícios técnicos e econômicos, mas também os aspectos operacionais, sociais e ambientais envolvidos na implementação e manutenção dessas estratégias.

Diante desse contexto, a pesquisa se debruça sobre as seguintes questões de pesquisa:

- a) Quais são as estratégias de eficiência energética mais relevantes e viáveis para a promoção de habitações de interesse social sustentáveis?

- b) Quais são os desafios operacionais, financeiros e de uso associados a cada uma dessas estratégias?

O aprofundamento dessas questões é essencial para a construção de um entendimento sólido e embasado sobre as estratégias de eficiência energética em habitações de interesse social, bem como para a formulação de diretrizes que promovam a implementação bem-sucedida dessas práticas.

A presente pesquisa visa oferecer uma análise abrangente e prática dessas abordagens, contribuindo para o desenvolvimento de ambientes habitacionais mais sustentáveis e alinhados com os desafios globais contemporâneos.

## 2.2 OBJETIVOS

### 2.2.1 OBJETIVO PRINCIPAL

O objetivo principal deste trabalho é identificar as estratégias mais efetivas para melhorar a eficiência energética em habitações de interesse social.

### 2.2.2 OBJETIVOS SECUNDÁRIOS

Para atingir o objetivo principal desta pesquisa são buscados os seguintes objetivos secundários:

- a) identificar e descrever estratégias de eficiência energética propostas na literatura técnica;
- b) definir critérios para a avaliação das diferentes estratégias de eficiência energética tendo em conta a sua implementação em habitações de interesse social.

## 2.3 PREMISSAS

A primeira premissa deste estudo é que a busca da eficiência energética nas habitações é um tema relevante que não precisa ser justificado uma vez que faz parte de qualquer iniciativa em busca da sustentabilidade na atualidade, tema aliás tão presente na literatura técnica das

últimas décadas que também prescindem de justificativas. A segunda premissa é que a busca pela eficiência energética é um tema fundamental para orientar a produção de habitações de interesse social porque a vulnerabilidade econômica dos ocupantes destas habitações torna esta ação não apenas uma escolha produtiva, mas um caminho obrigatório para o desenvolvimento social.

## 2.4 DELIMITAÇÕES

Este estudo busca explorar e analisar uma variedade de estratégias com o objetivo de identificar as mais robustas e aplicáveis ao contexto da habitação de interesse social. No entanto, é importante estabelecer as delimitações que guiaram o escopo desta pesquisa. As delimitações são as seguintes:

- a) Escopo das estratégias analisadas: O estudo considera um conjunto de estratégias de eficiência energética citadas na literatura técnica sem a intenção de ser necessariamente exaustivo. Outras estratégias ou tecnologias existem, mas não serão consideradas neste estudo.
- b) Contexto da produção habitacional: O foco deste estudo é o de habitações de interesse social, considerando as particularidades socioeconômicas e construtivas desse contexto. Embora o tema de eficiência energética seja relevante em diferentes escalas e tipos de edificações, este estudo se restringirá a habitações de interesse social para direcionar a análise das estratégias nesse contexto.
- c) Exclusão de fatores externos: Este estudo não leva em consideração fatores externos que possam influenciar a eficiência energética, como flutuações nos preços da energia, mudanças nas políticas governamentais ou condições climáticas extremas. Esses fatores podem impactar a viabilidade e os resultados das estratégias.
- d) Abordagem qualitativa: Este estudo adota uma abordagem predominantemente qualitativa, baseada na análise crítica de literatura técnica. Embora considerações quantitativas possam ser eventualmente abordadas, o foco principal está na compreensão qualitativa das estratégias e de seu potencial de aplicação em habitações de interesse social.

- e) Não consideração de políticas e regulamentações específicas: Embora o contexto regulatório possa ter impacto na implementação de estratégias de eficiência energética, este estudo não se aprofunda em políticas ou regulamentações específicas relacionadas a habitações de interesse social, focando-se na análise das estratégias em si.
- f) Complexidade das variáveis socioeconômicas: Embora as estratégias de eficiência energética possam trazer benefícios econômicos, a análise das implicações socioeconômicas das estratégias em habitações populares pode ser muito complexa. Questões como acesso a recursos financeiros, aceitação da comunidade e dinâmicas de propriedade podem variar consideravelmente.

## 2.5 LIMITAÇÕES

Enquanto este estudo visa aprofundar a compreensão das estratégias de eficiência energética em habitações populares, é importante reconhecer e identificar as limitações inerentes a essa pesquisa. As limitações do presente estudo são as seguintes:

- a) Generalização limitada: As análises e conclusões deste estudo são específicas para o contexto de habitações de interesse social e para as estratégias de eficiência energética consideradas. Portanto, os resultados não podem ser generalizados para outros tipos de edificações ou contextos socioeconômicos distintos ou para estratégias não analisadas no estudo.
- b) Avaliação baseada em fontes secundárias: A análise das estratégias de eficiência energética está baseada na literatura técnica disponível. A falta de análises em primeira mão ou coleta de dados primários pode limitar a profundidade das conclusões alcançadas.
- c) Limitações de recursos: Devido às limitações de tempo e recursos características da elaboração de um trabalho de conclusão de curso, este estudo não conduz análises detalhadas de custo-benefício, simulações de desempenho energético ou experimentos práticos. A avaliação das estratégias é baseada em evidências disponíveis na literatura e em análises qualitativas.
- d) Variabilidade na implementação e resultados: A implementação bem-sucedida das estratégias de eficiência energética pode depender de vários fatores, incluindo o projeto,

a construção e a manutenção. Portanto, os resultados práticos podem variar dependendo das escolhas específicas feitas em cada caso.

- e) Evolução tecnológica: As tecnologias e práticas de eficiência energética estão em constante evolução. Portanto, as conclusões deste estudo podem se tornar obsoletas com o tempo devido a avanços tecnológicos ou mudanças nas melhores práticas.
- f) Interdependência das estratégias: Embora cada estratégia tenha sido analisada individualmente, é importante reconhecer que várias estratégias podem ser interdependentes em sua implementação. O estudo não aborda a complexidade das interações entre diferentes estratégias.

## 2.6 ESTRUTURA DO TRABALHO

O trabalho está estruturado nos seguintes capítulos:

1. Apresenta a introdução do trabalho, que destaca a importância da eficiência energética em habitações de interesse social.
2. Contém a descrição do trabalho de conclusão de curso proposto, identificando as questões de pesquisa enfrentadas, os objetivos propostos, as premissas do trabalho bem como suas delimitações e limitações e, finalmente, a estrutura do trabalho.
3. É explorado o cenário da eficiência energética no mundo, destacando a importância crescente da eficiência energética na sustentabilidade. São identificadas e descritas diferentes estratégias de eficiência energética apontadas na literatura técnica.
4. São discutidos os critérios propostos para a seleção das tecnologias de eficiência energética para habitações de interesse social. Os critérios propostos são aplicados a cada uma das estratégias identificadas na literatura técnica para examinar sua viabilidade técnica, econômica e social. Finalmente são identificadas as estratégias consideradas mais efetivas para sua implantação em habitações de interesse social.
5. Apresenta as considerações finais do trabalho onde são destacados os principais *insights* e conclusões derivadas deste estudo sobre eficiência energética em habitações de interesse social. Além disso, são oferecidas recomendações práticas para guiar futuras implementações de tecnologias de eficiência energética nessas habitações.

### 3 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NA HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL

Nesta seção, é discutido um conjunto de estratégias de relevância no contexto da eficiência energética aplicada a habitações. Essas estratégias oferecem um panorama de como práticas e tecnologias direcionadas podem otimizar o desempenho energético de edificações residenciais. A exploração dessas abordagens permite compreender como medidas e soluções focalizadas culminam em reduções concretas no consumo energético, bem como na mitigação dos impactos ambientais inerentes às atividades habitacionais (CACCIA et al., 2017).

A implementação dessas estratégias não apenas melhora a eficiência energética, mas também impacta positivamente a viabilidade financeira em construções residenciais. Ao considerar a aquisição de um imóvel, torna-se crucial reconhecer que a incorporação de tecnologias eficientes pode influenciar a viabilidade econômica a longo prazo, especialmente quando um comprador opta por financiar sua nova moradia. (SILVA; SANTOS, 2010).

É relevante destacar que subsídios governamentais destinados a empreendimentos imobiliários frequentemente podem englobar não somente a construção em si, mas também as tecnologias de eficiência energética aplicadas durante o processo construtivo. Por exemplo, o Programa de Apoio a Condomínios Residenciais do Fundo Ambiental financia até 70% das despesas com medidas de eficiência energética que melhorem o conforto térmico dos edifícios residenciais. Outro exemplo é o Programa de Garantias a Crédito para Eficiência Energética, que usa recursos do Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica para garantir o financiamento de projetos de eficiência energética em diversos setores, incluindo o residencial. (JESUS, 2020).

Ao examinar as fontes de referência, fica evidente que essa interligação entre eficiência energética e subsídios governamentais pode oferecer uma perspectiva que amplia o potencial dessas estratégias. Esses incentivos podem resultar em uma situação em que as tecnologias eficientes se integram ao financiamento global do imóvel, incorporando-se ao processo de aquisição. Assim, as tecnologias voltadas para a eficiência energética podem ser financiadas

por meio dos subsídios governamentais, contribuindo para uma aquisição financeiramente vantajosa (CACCIA et al., 2017).

### 3.1 O QUE É EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

A eficiência energética é um tema de importância crescente em todo o mundo, à medida que os países buscam enfrentar os desafios da demanda energética crescente, as preocupações ambientais e a necessidade de reduzir as emissões de gases de efeito estufa. A busca por formas mais inteligentes e sustentáveis de usar a energia tem se espalhado por diversas nações, impulsionando a implementação de políticas, programas e tecnologias voltados para a eficiência energética (VIANA et al., 2021).

Países e organizações internacionais têm reconhecido a eficiência energética como uma ferramenta estratégica para atingir metas de sustentabilidade. A Agência Internacional de Energia destaca que melhorar a eficiência energética é um dos meios mais econômicos e eficazes para reduzir as emissões de gases de efeito estufa e diminuir a dependência de fontes de energia não renováveis (IEA, 2021).

Na União Europeia, por exemplo, a eficiência energética tem sido um foco central da política energética. O Plano de Ação para a Eficiência Energética estabelece metas ambiciosas para adequar o consumo em todos os setores, incluindo edifícios, transporte e indústria. Isso inclui iniciativas como a renovação de edifícios para torná-los mais eficientes e o estabelecimento de padrões rigorosos para produtos de consumo à base de energia (CIUCCI, 2023).

A eficiência energética transcende fronteiras e se torna uma parte fundamental das estratégias de energia e sustentabilidade em todo o mundo. À medida que os governos, as indústrias e os cidadãos colaboram para adotar medidas de eficiência energética, contribuem para uma sociedade mais resiliente, ambientalmente consciente e economicamente viável. A captura de carbono é uma tecnologia que visa reduzir o impacto do gás carbônico no meio ambiente, isolando-o e armazenando-o de forma segura. Existem diferentes formas e processos de captura de carbono, que podem ser aplicados em diversos setores, incluindo a construção civil (SILVA; SANTOS, 2010).

A construção civil é responsável por cerca de 36% do consumo de energia e 39% das emissões de CO<sub>2</sub> no mundo. Por isso, é importante buscar soluções sustentáveis que minimizem esse impacto, como a neutralização de carbono, que consiste em compensar as emissões realizadas com ações que capturem a mesma quantidade de carbono. Além disso, a inovação de materiais e o uso de fontes renováveis também podem contribuir para uma construção civil mais verde (VIANA et al., 2021).

Ampliando essa perspectiva, a abordagem da eficiência energética também enfatiza a relevância da escolha criteriosa de fontes de energia renováveis e limpas. Ressaltam que essas fontes possuem a capacidade de ser regeneradas pela natureza, preservando o equilíbrio ambiental e evitando o esgotamento de recursos não renováveis (SILVA; SANTOS, 2010).

À luz desse panorama, a eficiência energética emerge como um alicerce essencial para impulsionar o desenvolvimento sustentável. De acordo com Lamberts, Dutra e Pereira (2014), essa estratégia vai além da simples economia de energia, incorporando a ideia de uma gestão sensata dos recursos energéticos disponíveis. Ao otimizar o uso da energia e adotar fontes renováveis, a eficiência energética contribui para mitigar as pressões sobre os recursos naturais e reduzir as emissões poluentes, enfatizando a necessidade de coexistência harmoniosa entre as atividades humanas e os ecossistemas.

Essa abordagem estratégica não apenas promove a sustentabilidade ambiental, mas também visa aprimorar a qualidade de vida das comunidades. Através da maximização da eficiência energética, alcança-se uma utilização mais inteligente dos recursos disponíveis, o que pode resultar em reduções nos custos de energia para indivíduos e sociedade em geral. Como Lamberts et al. (2010) destacam, essa abordagem está intrinsecamente ligada à criação de ambientes mais saudáveis, confortáveis e economicamente acessíveis para as pessoas.

Dessa maneira, a eficiência energética assume o papel central na construção de uma sociedade equilibrada e ambientalmente consciente. Fundamentada na seleção criteriosa de fontes de energia e na otimização do uso energético, ela não apenas alivia a pressão sobre os recursos naturais, mas também pavimenta o caminho para um futuro em que o desenvolvimento humano esteja em harmonia com os limites do planeta (LAMBERTS et al., 2010, VIANA et al., 2021).

A visão de futuro adotada pela eficiência energética não apenas molda ações individuais e coletivas em direção a um consumo mais consciente, mas também estabelece a base para

políticas públicas e estratégias empresariais voltadas para o desenvolvimento sustentável. De acordo com Viana et al. (2021), fica evidente que a eficiência energética transcende o domínio técnico, se estabelecendo como um alicerce fundamental na construção de uma sociedade economicamente próspera e ecologicamente responsável.

Em suma, a eficiência energética, abraçando diversas disciplinas e setores, emerge como um pilar central na jornada rumo a um futuro energético equilibrado e ambientalmente consciente. A perspectiva delineada é encontrada em Lamberts et al. (2010), que exploram a eficiência energética como um meio para otimizar a interligação entre habitação e consumo energético. Além disso, diretrizes regulatórias e normativas, como aquelas apresentadas pela Agência Nacional de Energia Elétrica, estabelecem direcionamentos que ecoam a importância da eficiência energética no contexto nacional (JESUS, 2020).

A eficiência energética não apenas fomenta uma gestão mais responsável da energia, mas também instiga uma transformação cultural na maneira como abordamos os recursos. Ao unir saberes multidisciplinares e práticas sustentáveis, a eficiência energética se coloca como peça-chave para trilhar um caminho mais harmonioso em direção a um futuro energético sustentável (VIANA et al., 2021).

### 3.2 ESTRATÉGIAS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NUMA HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL

É fundamental a busca por se adotar medidas práticas e acessíveis para uma habitação de interesse social, tais como: isolamento térmico, iluminação e equipamentos eficientes, aquecimento solar de água, painéis fotovoltaicos, ventilação natural, iluminação natural, tecnologias de controle de energia e telhados verdes.

Nesse contexto, serão discutidas estas estratégias de eficiência energética para habitação de interesse social, reconhecendo os benefícios e as considerações práticas.

### 3.2.1 ISOLAMENTO TÉRMICO

O isolamento térmico eficiente desempenha um papel importante na promoção da eficiência energética em ambientes habitacionais. Diversas abordagens podem ser adotadas para alcançar essa eficiência, e uma das estratégias mais comuns é a utilização de materiais isolantes para minimizar as mudanças de temperatura na parte interna das habitações.

Por outro lado, de acordo com a norma NBR 15220-3, que trata do desempenho térmico de edificações, existem fatores que podem contribuir de maneira significativa para um isolamento térmico eficaz sem a necessidade de recorrer a materiais isolantes. Isso significa que, ao otimizar a disposição dos materiais de construção, é possível obter um melhor desempenho térmico sem a utilização de isolantes térmicos (ABNT, 2005).

Essa abordagem oferece benefícios não apenas em termos de eficiência energética, mas também no contexto da própria construção. Ao aplicar essa estratégia de forma a maximizar a contribuição dos materiais, seja ampliando sua superfície ou aumentando sua espessura para melhor lidar com as variações de temperatura, torna-se possível conceber projetos mais aprimorados do ponto de vista energético. Dessa forma, a necessidade de correções posteriores à conclusão da obra, para lidar com problemas de trocas de calor, é substancialmente reduzida. Isso não apenas economiza recursos, mas também garante um desempenho energético otimizado desde o início do projeto da habitação (ABNT, 2005).

Ao considerar as orientações da norma NBR 15575-4 e explorar alternativas para o isolamento térmico que vão além dos materiais isolantes convencionais, é possível desenvolver habitações populares energeticamente eficientes desde a fase de projeto. Essa abordagem também aprimora a qualidade do projeto e reduz a necessidade de ajustes posteriores, resultando em soluções construtivas mais sustentáveis e eficazes (ABNT, 2013).

Os benefícios dessa estratégia são notáveis e de um impacto significativo. A manutenção de uma temperatura interna constante proporciona ambientes mais confortáveis para os ocupantes, independentemente das variações climáticas externas. Isso contribui diretamente para a melhoria da qualidade de vida e bem-estar.

As normas NBR 15575-4 (ABNT, 2013) e NBR 15220-3 (ABNT, 2005) tem um papel importante no desenvolvimento de habitações energeticamente eficientes. Essas normas não

apenas recomendam a escolha criteriosa de métodos adequados, mas também ressaltam a relevância da orientação das superfícies da construção.

Outro aspecto significativo é que o isolamento térmico, em alguns casos ele faz parte da estrutura como um todo, pois é projetado para durabilidade e resistência. Sua instalação é focada na permanência a longo prazo, garantindo os benefícios contínuos de eficiência energética e conforto térmico. A norma NBR 15220-3 aborda também um aspecto relevante na eficiência energética das edificações: a transferência de calor, também conhecida como transmissão térmica. Esse processo de transferência de calor é central para entender como os materiais de construção interagem com o ambiente externo e interno em termos de trocas térmicas (ABNT, 2005).

A transmissão térmica ocorre quando há uma diferença de temperatura entre dois lados de uma superfície. Em edificações, isso pode ser observado nas paredes, tetos, pisos e outras partes que separam o interior climatizado do exterior. Quando há uma diferença de temperatura, o calor tende a fluir do local mais quente para o mais frio, buscando o equilíbrio térmico. A norma fornece diretrizes e critérios para avaliar a eficiência da construção em relação à transmissão térmica. Estabelece limites de desempenho térmico que as edificações devem atender para garantir o conforto térmico e a eficiência energética. Ela considera diversos fatores, como a resistência térmica dos materiais de construção, a espessura das paredes e o coeficiente de transmitância térmica (VIANA et al., 2021).

A norma, ao abordar a transmissão térmica, tem como objetivo minimizar as perdas de calor durante os períodos frios e as infiltrações de calor durante os períodos quentes. Isso é alcançado por meio do dimensionamento adequado dos elementos construtivos, tais como as paredes e telhados abordado na norma. Ao levar em consideração esses aspectos, a norma desempenha um papel fundamental em garantir que a edificação possa manter uma temperatura interna confortável e estável, o que, por consequência, seja reduzida a necessidade de utilização de sistemas de aquecimento e resfriamento de forma intensiva (ABNT, 2013).

Em resumo, a norma NBR 15220-3 é uma referência valiosa para o projeto de edificações com eficiência energética, ao abordar a transmissão térmica e fornece diretrizes para o controle das trocas de calor. Com base nessas orientações, é possível desenvolver construções mais ajustadas às condições climáticas locais, maximizando a eficiência energética, o conforto térmico e a sustentabilidade do ambiente construído (ABNT, 2005).

Concluindo, o isolamento térmico eficiente é um componente robusto na busca por habitações energeticamente eficientes e confortáveis. Ao utilizar materiais isolantes criteriosamente selecionados e técnicas de instalação adequadas, essa abordagem proporciona conforto térmico aos ocupantes e contribui para reduzir os custos energéticos e os impactos ambientais. O cumprimento das normas técnicas, aliado a uma compreensão profunda das características da edificação, é fundamental para alcançar um desempenho térmico eficiente e sustentável (VIANA et al., 2021).

### 3.2.2 ILUMINAÇÃO ARTIFICIAL, EQUIPAMENTOS EFICIENTES E ILUMINAÇÃO NATURAL

#### 3.2.2.1 Iluminação artificial e equipamentos eficientes.

A iluminação eficiente e a utilização de equipamentos energeticamente eficientes constituem pilares fundamentais no contexto da eficiência energética em habitações de interesse social. A iluminação eficiente refere-se à adoção de tecnologias como as lâmpadas LED, reconhecidas por seu baixo consumo energético em comparação com as lâmpadas convencionais.

De acordo com Silva e Santos (2010), as lâmpadas LED possuem uma vida útil prolongada, o que reduz a necessidade de substituições frequentes e, conseqüentemente, diminui o descarte de resíduos. A instalação de sistemas de iluminação eficiente envolve a substituição de lâmpadas convencionais por LEDs, abrangendo tanto áreas internas quanto externas das moradias.

A duração das lâmpadas LED é influenciada por diversos fatores, e, em geral, é significativamente superior à das lâmpadas incandescentes ou fluorescentes. As lâmpadas LED podem atingir uma vida útil de aproximadamente 30 mil horas de uso, enquanto as lâmpadas incandescentes têm uma média de 1 mil horas de durabilidade, e as lâmpadas fluorescentes apresentam uma média de 6 mil horas de vida útil. Adicionalmente, vale ressaltar que as lâmpadas LED demonstram maior eficiência energética, representando uma opção mais econômica e ambientalmente amigável (SILVA et al., 2018).

Simultaneamente, a adoção de equipamentos eficientes, como eletrodomésticos, eletrônicos e sistemas de climatização, desempenha um papel vital na otimização da eficiência energética. Dispositivos com selos de eficiência energética (ver Figura 1) consomem menos energia durante o uso diário, resultando em redução de gastos com energia e menor impacto ambiental (LAMBERTS et al., 2010). A incorporação desses equipamentos implica na seleção criteriosa de dispositivos com alto índice de eficiência energética, complementada pela prática de desligá-los quando não estão em uso.



Figura 1. Selo Procel. Fonte: NEOENERGIA, 2023

As vantagens provenientes dessas práticas são variadas. A implementação de iluminação eficiente não somente reduz o consumo energético, mas também contribui para a criação de ambientes visualmente agradáveis e confortáveis. A substituição de equipamentos convencionais por modelos eficientes proporciona economia financeira a longo prazo e atua na redução das emissões de gases de efeito estufa e na preservação dos recursos naturais (CACCIA et al., 2017).

Essas abordagens impactam diretamente a eficiência energética ao diminuir a demanda por eletricidade, contribuindo, conseqüentemente, para a mitigação dos impactos ambientais da geração de energia. Além disso, a implementação de sistemas de iluminação e equipamentos eficientes, pode resultar na melhoria da qualidade de vida das famílias de baixa renda, proporcionando maior conforto e redução das despesas energéticas (KEELER; PRASAD, 2018).

No entanto, é fundamental reconhecer alguns desafios subjacentes a essas práticas de eficiência energética. A instalação de iluminação eficiente, embora possa trazer economia significativa, requer um investimento inicial na substituição das lâmpadas convencionais por LEDs, o que pode ser uma barreira para famílias de baixa renda, pois a residência pode não estar equipada com o sistema elétrico adequado. Além disso, a eficácia dessas tecnologias pode ser influenciada pela manutenção adequada e pelo correto descarte das lâmpadas, devido aos componentes eletrônicos potencialmente prejudiciais ao meio ambiente (SILVA, et al., 2018).

A aquisição de equipamentos eficientes pode envolver um gasto inicial considerável, apesar dos benefícios de longo prazo. Contudo, é essencial reconhecer que a disponibilidade desses dispositivos pode ser limitada em regiões menos desenvolvidas economicamente, dificultando o acesso para comunidades que poderiam se beneficiar substancialmente. Além disso, vale ressaltar que a eficiência dos equipamentos também depende do comportamento dos usuários. Equipamentos eficientes podem não atingir seu máximo potencial se não forem utilizados de maneira adequada e consciente (ANEEL, 2021).

A interação entre as tecnologias eficientes e os hábitos de consumo das famílias também é um fator influente na eficácia dessas estratégias. Muitas vezes, a eficiência energética é mais eficaz quando combinada com a conscientização e mudança de comportamento. A simples implementação de tecnologias eficientes não garante uma economia sustentável; é essencial promover a educação para que os moradores compreendam a importância de usar essas tecnologias de maneira responsável (KEELER; PRASAD, 2018).

Portanto, enquanto a iluminação eficiente e o uso de equipamentos energeticamente eficientes possuem um grande potencial, é crucial reconhecer que a adoção bem-sucedida exige uma abordagem abrangente, considerando fatores como acessibilidade financeira, manutenção adequada, disponibilidade regional e mudança de comportamento dos usuários. Somente quando esses desafios forem adequadamente enfrentados e superados, a eficiência energética poderá ser aproveitada de maneira plena e eficaz em habitações de interesse social (ANEEL, 2021).

### 3.2.2.2 Iluminação Natural

A incorporação de estratégias de iluminação natural em habitações de interesse social traz consigo uma série de vantagens e desafios que têm um impacto direto na busca por eficiência energética. A utilização de aberturas, como janelas e claraboias, para permitir a entrada de luz natural apresenta benefícios substanciais em termos de economia de energia e bem-estar dos moradores. No entanto, essa abordagem também demanda uma análise cuidadosa das considerações práticas e dos possíveis contrapontos (TORGA, 2023).

Entre os benefícios mais proeminentes da iluminação natural está a redução da dependência de iluminação artificial durante o dia. A luz natural, abundante e gratuita, não apenas ilumina os espaços internos, mas também contribui para a melhoria da qualidade visual e do conforto psicológico dos ocupantes. Através da entrada de luz natural, como indicado por Silva e Santos (2010), é possível criar ambientes que promovem o bem-estar e a produtividade, além de economizar energia elétrica.

No entanto, a incorporação de iluminação natural também traz desafios que precisam ser cuidadosamente abordados. A posição e a orientação das aberturas devem ser consideradas para maximizar a entrada de luz, enquanto minimizam os riscos de ofuscamento, excesso de calor ou perda de privacidade. Além disso, a variação na intensidade da luz natural ao longo do dia e as variações climáticas podem afetar a consistência da iluminação, exigindo um equilíbrio entre a luz natural e a iluminação artificial (TORGA, 2023).

Em alguns cenários, a iluminação natural pode ser insuficiente para atender às necessidades de iluminação, especialmente durante períodos nublados ou à noite. Isso pode levar a uma dependência excessiva da iluminação artificial, que, por sua vez, aumenta o consumo de energia elétrica. Além disso, a entrada de luz natural sem o devido controle pode resultar em desconforto visual devido a sombras indesejadas ou ofuscamento (TORGA, 2023).

A escolha de janelas eficientes no controle da iluminação natural é importante, sendo necessário considerar janelas com dispositivos de controle, como persianas, cortinas blackout ou vidros com tecnologia de escurecimento, oferecendo a flexibilidade de ajustar a quantidade de luz natural que entra no ambiente (ver Figura 2). Com isso, melhora o conforto e economiza energia, reduzindo a dependência de iluminação artificial durante o dia. No entanto, é importante reconhecer que janelas com essas capacidades adicionais tendem a ser mais caras,

o que pode ser um fator a ser considerado durante o planejamento de um projeto de construção ou reforma (TORGA, 2023)



Figura 2: Janelas com persianas. Fonte: NOVO PROJETO, 2023

Janelas eficientes no controle da iluminação natural têm alto custo, especialmente em habitações de interesse social. Nesse contexto, é importante reconhecer a inviabilidade dos envidraçamentos especiais, como vidros múltiplos ou térmicos, devido aos seus altos custos. Em resumo, a integração de iluminação natural em habitações populares oferece benefícios consideráveis, mas também impõe desafios que devem ser considerados no processo de projeto. A análise cuidadosa das aberturas, a seleção de estratégias de controle da luz natural e a combinação equilibrada com a iluminação artificial são essenciais para otimizar a eficiência energética e garantir o conforto dos moradores (KEELER; PRASAD, 2018).

### 3.2.3 AQUECIMENTO SOLAR DE ÁGUA

Em residências, o aquecimento de água é essencial para diversas atividades do dia a dia, como banho, lavagem de roupa e louça. Porém, os métodos convencionais de aquecimento com

origem em combustíveis fósseis e eletricidade geram altos gastos de energia e emissões de gases que contribuem para o aquecimento global. Para enfrentar esses problemas, os sistemas de aquecimento solar de água são vistos como uma alternativa promissora, pois usam a energia do sol de forma sustentável e eficiente (PORTAL SOLAR, 2023).

O aquecimento solar de água é uma forma de aproveitar a energia do sol para aquecer a água usada em residências. O sistema consiste em coletores solares que captam a luz solar e a transformam em calor, e reservatórios térmicos que armazenam a água quente. O aquecimento solar de água pode trazer benefícios como economia de energia elétrica, conforto no banho, redução de emissões de gases de efeito estufa e valorização do imóvel (CACCIA et al., 2017).

Para aplicar o aquecimento solar de água em casas populares, é preciso considerar alguns fatores como o custo, a disponibilidade de materiais, o clima, o espaço e a demanda de água. As vantagens de usar energia solar térmica nas residências são:

- a) Economia na conta de energia: A energia solar térmica pode substituir ou reduzir o consumo de energia de chuveiros elétricos, que são responsáveis por cerca de 25% do consumo de energia elétrica em uma residência média. Assim, a energia solar térmica pode gerar uma economia de até 40% na conta de luz, dependendo da região, da incidência solar e do consumo de água quente (CACCIA et al., 2017).
- b) Sustentabilidade ambiental: A energia solar térmica é uma fonte de energia renovável, que não emite gases poluentes nem contribui para o aquecimento global. Além disso, reduz a demanda por energia elétrica das usinas termelétricas, que usam combustíveis fósseis e causam impactos ambientais negativos (CACCIA et al., 2017).
- c) Durabilidade e baixa manutenção: Os sistemas de energia solar térmica têm uma vida útil média de 20 anos, e requerem pouca manutenção, apenas limpeza periódica dos coletores solares e verificação do funcionamento dos componentes. Os sistemas de energia solar térmica também são resistentes às variações climáticas e às intempéries (CACCIA et al., 2017).

Esse sistema utiliza a energia solar térmica (ou termossolar, ou fototérmica), que é a forma de aproveitamento direto do calor do sol, por meio de dispositivos como placas solares ou tubos a vácuo, que captam a radiação solar e a transferem para a água que aquecida é armazenada em um reservatório térmico, que mantém a temperatura até o momento do consumo (PORTAL SOLAR, 2023).

Outra preocupação é a dependência das condições climáticas. O desempenho dos sistemas de aquecimento solar está diretamente ligado à quantidade de luz solar disponível. Isso significa que em dias nublados, chuvosos ou durante os meses de inverno, a eficácia desses sistemas pode ser bastante reduzida. Isso coloca uma pressão adicional nos usuários que podem precisar recorrer a sistemas de *backup*, como aquecedores elétricos, quando o sistema solar não for capaz de atender às suas necessidades. Esse uso de sistemas de *backup* pode neutralizar parte das economias de energia inicialmente previstas (CACCIA et al., 2017).

O coletor solar é uma caixa de alumínio que contém os seguintes elementos: isolamento térmico de lã de vidro, que retém o calor como um forno; tubos de cobre, que conduzem a água para dentro do coletor; placa absorvedora ou aletas, que captam e transferem a energia solar para a água; e cobertura transparente de vidro, que deixa entrar a radiação solar e evita a perda de calor. O coletor tem uma vedação especial que o protege da umidade externa. O reservatório térmico é um recipiente de aço inox que conserva a água quente. Este tem isolamento térmico de poliuretano expandido e pode contar com uma resistência elétrica que colabora para preservar a água aquecida em dias nublados ou chuvosos (ver Figura 3).

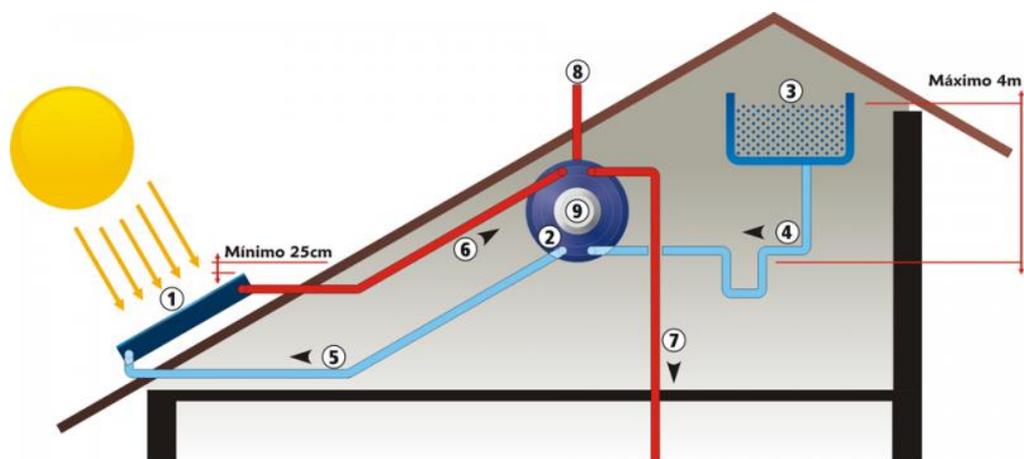


Figura 3: Sistema de aquecimento solar. Fonte: PORTAL SOLAR, 2023.

**Legenda:** 1. Coletor solar 2. Armazenado térmico 3. Caixa de água fria 4. Tubulação de alimentação de água fria 5. Tubulação de alimentação do coletor 6. Tubulação de retorno do coletor 7. Tubulação de consumo 8. Suspiro 9. Resistência elétrica.

3.

Embora o conceito de aquecimento solar de água seja promissor em termos de eficiência energética e redução de emissões, é importante abordar algumas das limitações e desafios que

podem surgir com a implementação desses sistemas. Um dos principais pontos de preocupação é a viabilidade econômica para a aquisição e instalação dos sistemas de aquecimento solar. Embora existam sistemas de baixo custo feitos com materiais simples, a verdade é que sistemas de qualidade e desempenho consistentes podem requerer um investimento inicial significativo. Isso pode ser um obstáculo especialmente para famílias de baixa renda onde os recursos financeiros são escassos. Além disso, os custos de manutenção e reparo também precisam ser considerados a longo prazo, pois podem afetar o retorno sobre o investimento (PORTAL SOLAR, 2023).

Outro ponto que deve ser salientado é a forma como os usuários irão utilizar esse benefício. Considerando que essa tecnologia está diretamente ligada à economia na conta de energia dos usuários, pode ocorrer que eles não tenham a conscientização do uso consciente da água, desperdiçando assim a economia obtida. Pode ocorrer um uso excessivo de água sem que haja real necessidade, o que contrapõe o propósito da economia. Isso ressalta que o que inicialmente poderia ser visto como um benefício pode transformar-se em um aspecto problemático, uma vez que mais água é consumida do ecossistema, não contribuindo simultaneamente para um sistema energeticamente eficiente (ver Figura 4).



Figura 4: Aquecedor solar. Fonte: CACCIA et al., 2017.

A complexidade da instalação e manutenção também não pode ser subestimada. Embora os sistemas de aquecimento solar de água sejam projetados para serem duráveis e de baixa manutenção, a necessidade ocasional de limpeza, reparos ou substituição de componentes pode ser um desafio para os proprietários. Em comunidades com acesso limitado a técnicos especializados, isso pode levar a interrupções no fornecimento de água quente e dificuldades na resolução de problemas (CACCIA et al., 2017)

Além disso, a implantação em grande escala dos sistemas de aquecimento solar de água pode enfrentar desafios logísticos e de infraestrutura. A disponibilidade de espaço para instalação de coletores solares e reservatórios térmicos pode ser limitada em áreas urbanas densamente povoadas ou em residências com áreas externas reduzidas (PORTAL SOLAR, 2023).

Portanto, enquanto o aquecimento solar de água apresenta benefícios ambientais e econômicos consideráveis, é essencial avaliar cuidadosamente as limitações, custos e desafios práticos antes de implementar esses sistemas em larga escala. Um equilíbrio entre a adoção de tecnologias sustentáveis e a consideração das realidades locais e das condições climáticas é

fundamental para uma transição bem-sucedida para formas mais responsáveis de aquecimento de água residencial (PORTAL SOLAR, 2023).

### 3.2.4 PAINÉIS FOTOVOLTAICOS

Os painéis fotovoltaicos, também conhecidos como painéis solares, constituem uma tecnologia crucial na busca por fontes de energia limpa e renovável. A conversão direta da luz solar em eletricidade por meio do "efeito fotovoltaico" tem impulsionado sua crescente adoção como uma solução viável para a geração distribuída de energia. No âmbito da exploração dos princípios subjacentes dos painéis fotovoltaicos e sua integração eficaz em sistemas de eficiência energética, Lamberts, et al. (2010) e Viana, et al. (2021) apresentam estudos sobre a aplicação prática dos sistemas fotovoltaicos em contextos residenciais.

Esses autores investigam detalhadamente a incorporação de painéis fotovoltaicos em projetos arquitetônicos, examinando tanto as considerações técnicas quanto as práticas relacionadas à geração e consumo de energia. Eles exploram as atuais aplicações fotovoltaicas, abrangendo avanços tecnológicos, métodos de instalação e inovações em projetos arquitetônicos. Ao abordar tópicos relevantes e em evolução, proporcionam uma visão abrangente das estratégias mais eficazes para incorporar painéis fotovoltaicos em edifícios, com foco na redução geral do consumo de energia (VIANA et al., 2021).

As células fotovoltaicas (ver Figura 5), componentes essenciais dos painéis, operam a partir de materiais semicondutores que liberam elétrons quando expostos à luz solar. Essa corrente de elétrons é então canalizada por um circuito elétrico, gerando eletricidade prontamente utilizável. O resultado é uma forma de geração de energia que reduz consideravelmente as emissões de gases de efeito estufa, contribuindo para a atenuação das mudanças climáticas.



Figura 5: Painéis fotovoltaicos. Fonte: Fante, 2023.

Lamberts et al. (2010) exploram a aplicação prática de sistemas fotovoltaicos em ambientes residenciais, destacando de que maneira essa tecnologia é integrada ao ambiente construído. Em estudo minucioso abordam os aspectos técnicos e funcionais dessa integração, fornecendo um entendimento mais profundo das soluções arquitetônicas adotadas para incorporar os painéis fotovoltaicos aos projetos residenciais. Ao analisar casos concretos e considerar as implicações práticas, oferecem *insights* valiosos sobre a viabilidade e os desafios inerentes à utilização de sistemas fotovoltaicos em ambientes habitacionais.

Lamberts et al. (2010) estudaram uma residência que utilizava sistemas de energia solar térmica e fotovoltaica, além de estratégias de arquitetura passiva, para otimizar o uso dos recursos naturais disponíveis. Os resultados mostraram que a residência apresentou uma redução de 80% no consumo de energia elétrica em relação a uma residência convencional, demonstrando o potencial dessas tecnologias para a sustentabilidade e a economia.

A instalação dos painéis fotovoltaicos (ver Figura 6), pode ser adaptada a diversas escalas e contextos. Na maioria dos casos, esses painéis são montados em telhados de edifícios residenciais ou são dispostos em campos solares em áreas abertas. A flexibilidade desses métodos de instalação permite uma integração harmoniosa com a arquitetura existente, minimizando o impacto visual e garantindo uma eficácia otimizada na captação da luz solar.



Figura 6: Conjunto habitacional. Fonte: Prefeitura Municipal de Curitiba , 2018.

Uma das características dos sistemas fotovoltaicos integrados em residências é a capacidade de se conectar à rede elétrica pública e operar em paralelo com ela. Isso significa que o gerador solar pode fornecer energia para a instalação consumidora e para a rede elétrica, de acordo com a disponibilidade de radiação solar e a demanda de energia (VIANA et al., 2021).

No Brasil, existe uma regulamentação específica para a conexão de sistemas fotovoltaicos à rede elétrica pública. É realizada por meio de um mecanismo chamado de “sistema de compensação de energia elétrica”. Nesse mecanismo, quando o gerador solar produz mais energia do que a necessária para o consumo da instalação, o excedente é enviado para a rede elétrica. A instalação acumula um crédito energético, que pode ser usado posteriormente para diminuir o consumo de energia elétrica da rede. O medidor típico é bidirecional. Esse mecanismo é regulado pela Resolução Normativa nº 482/2012 da Agência Nacional de Energia Elétrica e possibilita que os consumidores gerem sua própria energia elétrica a partir de fontes renováveis, como a energia solar fotovoltaica, e colaborem para a redução da demanda por energia elétrica da rede pública. (ANEEL, 2012)

Os painéis fotovoltaicos representam um marco na geração de energia limpa e renovável, impulsionando a busca por alternativas mais sustentáveis. Embora apresentem benefícios substanciais, como a redução das emissões de carbono e independência de fontes não renováveis, é essencial abordar os desafios, como a intermitência da geração e as

considerações relacionadas ao descarte e ao comércio irregular. A literatura acadêmica e técnica, aliada à compreensão da aplicação prática, fornece uma base sólida para a compreensão abrangente desse campo em constante evolução (KEELER; PRASAD, 2018).

Um sistema de painéis fotovoltaicos é composto por: painéis solares que convertem a luz solar em eletricidade; um inversor que converte a eletricidade gerada em corrente contínua em corrente alternada utilizável; um medidor de energia para acompanhar o desempenho, baterias são opcionais para armazenar energia; um medidor bidirecional para registrar a eletricidade produzida e consumida (ver Figura 7). Entretanto, vale considerar os desafios inerentes aos sistemas fotovoltaicos. A intermitência da geração de energia é uma limitação natural, já que os painéis dependem diretamente da luz solar. A noite e condições climáticas adversas afetam sua capacidade de produção, tornando necessárias soluções de armazenamento em baterias ou a conexão à rede elétrica tradicional para garantir um suprimento contínuo (PORTAL SOLAR, 2023).

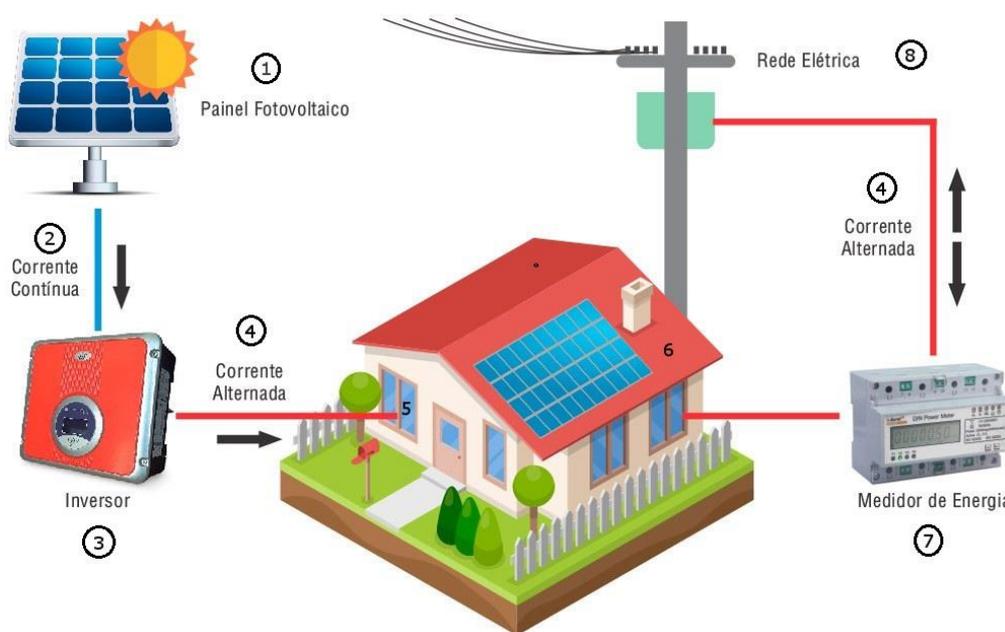


Figura 7: Funcionamento do sistema fotovoltaico. Fonte: ECO AQUECEDORES, 2023.

No âmbito das preocupações, destaca-se a possibilidade de comércio irregular dos painéis fotovoltaicos, em que os sistemas adquiridos com subsídios do governo para a instalação em residências são revendidos no mercado. Isso pode distorcer os objetivos dos subsídios, que

visam tornar a tecnologia mais acessível e acelerar sua adoção. O uso indevido dos subsídios pode diminuir o impacto positivo da iniciativa, prejudicando o avanço rumo a uma matriz energética mais sustentável (VIANA et al., 2021).

### 3.2.5 VENTILAÇÃO NATURAL

A ventilação eficiente desempenha um papel essencial na busca pela eficiência energética em habitações de interesse social. A incorporação de sistemas de ventilação adequados oferece vantagens significativas tanto em termos de conforto térmico quanto de economia de energia. De acordo com Lamberts, Dutra e Pereira (2014), essa abordagem pode contribuir para a melhoria da qualidade do ar interno, ao mesmo tempo em que otimiza o desempenho energético da edificação.

Ao planejar as residências com a orientação apropriada da edificação para garantir a ventilação cruzada (ver Figura 8), alcançamos uma eficaz circulação de ar, o que resulta na manutenção de um ambiente interno saudável e confortável. A renovação constante do ar contribui para a remoção de poluentes, umidade excessiva e odores, criando um espaço mais agradável para os moradores. Além disso, sistemas de ventilação controlada podem contribuir para a redução da demanda por sistemas de resfriamento, uma vez que promovem a circulação de ar fresco e amenizam a temperatura interna (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 2014).

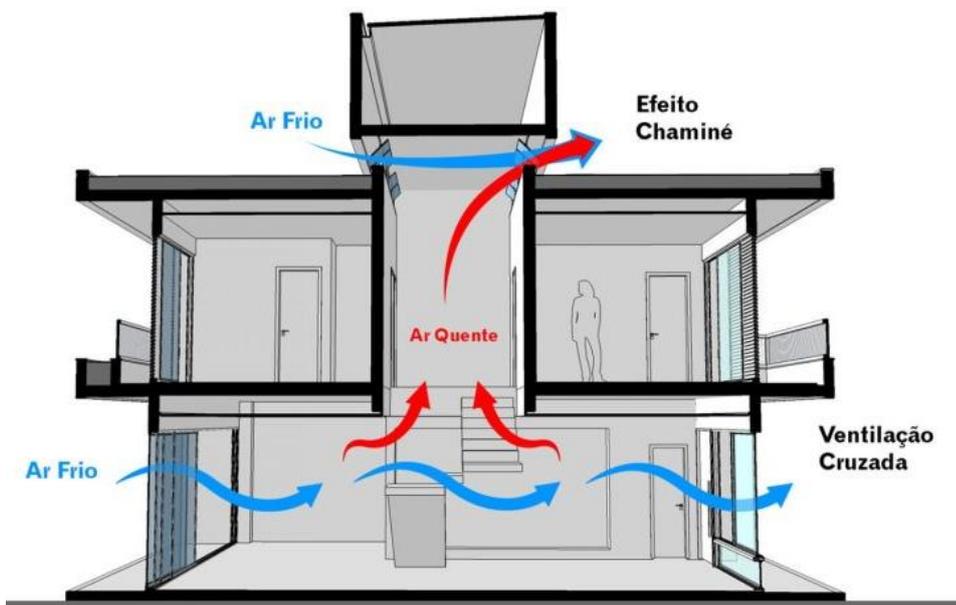


Figura 8: Diagrama de ventilação cruzada. Fonte: Ventilação Cruzada, 2023.

A ventilação também tem um impacto positivo na eficiência energética, especialmente quando combinada com estratégias de aquecimento e resfriamento passivos. A circulação adequada do ar pode ajudar a distribuir o calor solar e favorecer o resfriamento noturno, minimizando assim a necessidade de sistemas mecânicos de climatização. Essa abordagem é particularmente relevante em habitações populares, onde os custos de energia podem ser uma preocupação central (TORGA, 2023).

Contudo, a implementação da ventilação eficiente tem como desafios a necessidade de sistemas de ventilação bem projetados e dimensionados. O equilíbrio entre a renovação do ar e a eficiência energética deve ser cuidadosamente ajustado para evitar perdas excessivas de calor ou entrada de ar quente indesejada. Nesse sentido, a seleção de sistemas adequados e o posicionamento correto das entradas e saídas de ar na envoltória da edificação são cruciais (TORGA, 2023).

Adicionalmente, é importante considerar a questão da qualidade do ar externo. Em áreas urbanas com altos níveis de poluição, a entrada direta de ar externo pode introduzir partículas nocivas no interior da habitação, afetando a saúde dos moradores. A filtragem adequada do ar

e o uso de estratégias de ventilação controlada podem mitigar esse problema, mas requerem investimentos e manutenção regulares (TORGA, 2023).

Além disso, é fundamental garantir que os moradores compreendam e utilizem corretamente os sistemas de ventilação. A falta de manutenção ou o bloqueio de aberturas de ventilação podem comprometer a eficácia do sistema e prejudicar a qualidade do ar interno. Esse método consiste em posicionar aberturas, como janelas, de maneira estratégica em lados opostos ou em diferentes níveis de um edifício. Conforme Lamberts, Dutra e Pereira (2014) isso permite a entrada de ar fresco em um lado da habitação e a saída de ar quente do outro, criando um fluxo contínuo de ar que renova o ambiente interno de forma natural (ver Figura 9).



Figura 9: Ventilação cruzada. Fonte: Imagem do Google, 2023.

Esse sistema de ventilação utiliza o princípio da diferença de pressão entre os lados do edifício, impulsionado pela variação de temperatura e pressão do ar. À medida que o ar quente sobe, ele é substituído pelo ar mais fresco e denso que entra pelas aberturas inferiores. A ventilação cruzada é particularmente eficaz em climas moderados, onde as diferenças de temperatura entre o dia e a noite são mais pronunciadas, aproveitando a orientação do edifício e a disposição das aberturas. Além disso, essa abordagem não requer o uso de equipamentos

elétricos, o que a torna uma opção de baixo custo e energia para melhorar a eficiência energética (TORGA, 2023; VIANA et al., 2021).

Uma boa compreensão do ambiente circundante e do comportamento do ar é fundamental para maximizar a eficácia da ventilação cruzada. Além do que, a manutenção regular das aberturas, incluindo a limpeza de janelas e telas (Ver Figuras 10 e 11), é necessária para garantir a continuidade do fluxo de ar. No entanto, é importante reconhecer que esses aprimoramentos podem representar custos elevados, uma vez que as esquadrias são elementos caros em uma construção (TORGA, 2023; VIANA et al., 2021).

A oportunidade de fazer esse investimento na construção inicialmente pode ser ruim aos moradores. Muitas vezes, em habitações de interesse social, os moradores não têm condições econômicas de realizar melhorias significativas posteriormente. Portanto, oferecer subsídios e financiamento de longo prazo para a incorporação desses recursos pode ser uma estratégia eficaz.

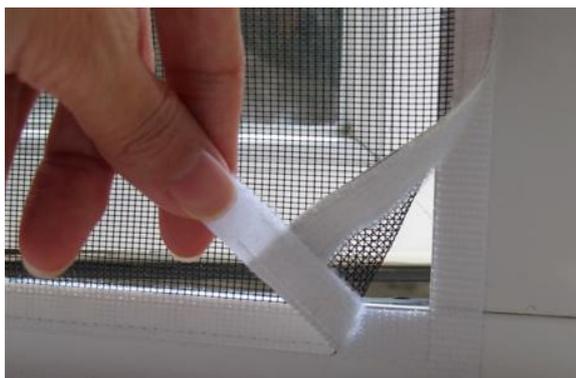


Figura 10: Rede de proteção detalhada. Fonte: PROTEJA, 2023.



Figura 11: Rede de proteção. Fonte: PROTEJA, 2023.

Além disso, investir em janelas de melhor desempenho desde o início pode criar ambientes mais saudáveis e seguros para os moradores, contribuindo para a prevenção de doenças transmitidas por insetos e aumentando a sensação de segurança nas residências. A incorporação de janelas contribui para um melhor desempenho em habitação de interesse social, é uma boa estratégia, mas pode representar custos significativos. Portanto, a oferta de subsídios e financiamentos de longo prazo pode ser uma maneira eficaz de viabilizar essa melhoria, garantindo o conforto, a segurança e a eficiência energética das habitações, mesmo para famílias com recursos limitados. Essa abordagem não só beneficia os moradores, mas também promove um ambiente de vida mais sustentável (KEELER; PRASAD, 2018).

Um exemplo de habitação de interesse social em Porto Alegre que usa janelas de melhor desempenho é o Condomínio Residencial Parque dos Maias, que tem janelas com vidros temperados e esquadrias de PVC que proporcionam maior conforto térmico e acústico aos moradores. Esse projeto foi realizado pelo Departamento Municipal de Habitação de Porto Alegre, que é o órgão responsável por promover o acesso à moradia e ao solo urbano regularizado no âmbito do Plano Municipal de Habitação de Interesse Social de Porto Alegre. Este departamento também desenvolve outras ações de regularização urbanística e fundiária, reassentamento e produção habitacional e cooperativismo habitacional e de trabalho (DEMHAB, 2023).

Em conclusão, a ventilação eficiente emerge como uma abordagem essencial na promoção da eficiência energética em habitações populares. A melhoria do conforto térmico e da qualidade do ar interno, juntamente com a economia de energia, são benefícios tangíveis dessa estratégia. Sendo assim, a implementação bem-sucedida requer a consideração de aspectos como projeto adequado, qualidade do ar externo e investimento em janelas de melhor desempenho.

### 3.2.6 TECNOLOGIAS DE CONTROLE DE ENERGIA

A adoção de Tecnologias de Controle de Energia em habitações de interesse social oferece um potencial significativo para otimizar o consumo energético, proporcionar conforto aos moradores e reduzir os custos operacionais. Essas tecnologias abrangem uma variedade de dispositivos de automação residencial, como termostatos programáveis, sensores de presença e

sistemas de gerenciamento de energia, que podem contribuir para a eficiência energética de maneira abrangente. No entanto, é importante considerar tanto os benefícios quanto os desafios associados a essas tecnologias (KEELER; PRASAD, 2018).

Os benefícios das Tecnologias de Controle de Energia são notáveis. Dispositivos como termostatos programáveis permitem a configuração precisa da temperatura interna, adaptando-a às necessidades dos moradores e evitando o desperdício de energia durante períodos de ausência. Sensores de luminosidade (Ver Figura, 14) ativam automaticamente a iluminação e sistemas de ventilação apenas quando detectam a presença de pessoas, reduzindo o consumo de eletricidade em ambientes não utilizados. Essas tecnologias, conforme destacado por Lamberts, Dutra e Pereira (2014), contribuem para uma abordagem mais inteligente e eficaz no gerenciamento de recursos energéticos.

A domótica, que é a automação residencial, desempenha um papel na implementação de Tecnologias de Controle de Energia. Essa integração permite uma gestão sofisticada do consumo energético em uma casa inteligente. Através da domótica, os moradores podem controlar remotamente a climatização, iluminação e outros dispositivos, adaptando instantaneamente as configurações para economizar energia quando necessário (Ver Figura 12). Além disso, a domótica oferece a capacidade de criar programas personalizados que otimizam o uso de energia ao longo do dia, levando em consideração as preferências e rotinas individuais. (STEVAN; FARINELLI, 2019).

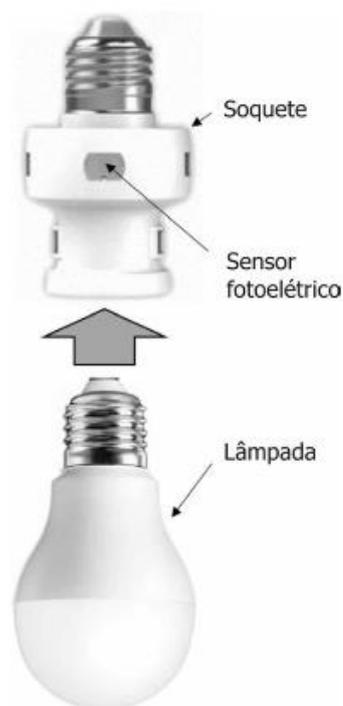


Figura 12: Sensor de luminosidade. Fonte: STEVAN; FARINELLI, 2019.

Contudo, alguns contrapontos precisam ser considerados. A implementação dessas tecnologias exige investimentos financeiros iniciais para aquisição e instalação, o que pode representar um desafio para famílias de baixa renda em habitações populares. Além disso, a integração complexa desses sistemas pode demandar conhecimentos técnicos específicos, tornando necessária a assistência de profissionais qualificados para garantir a configuração correta e o funcionamento adequado. A dependência excessiva dessas tecnologias também pode gerar um risco potencial: em caso de falhas técnicas ou falta de manutenção, os moradores podem se ver em situações de desconforto térmico ou inadequada iluminação (STEVAN; FARINELLI, 2019).

Portanto, apesar da implementação de Tecnologias de Controle de Energia oferecer uma abordagem promissora para otimizar a eficiência energética em habitações de interesse social, é necessário ressaltar que o sucesso das Tecnologias de Controle de Energia depende substancialmente da conscientização e capacidade financeira dos usuários (ver Figura 13). Se os moradores não compreenderem a importância da manutenção regular e do cumprimento

adequado dos procedimentos de reparo quando necessário, o potencial para eficiência energética pode ser comprometido. O mesmo pode acontecer se eles não tiverem disponibilidade financeira para pagar os custos desta manutenção. Sem a devida manutenção e cuidado, os sistemas podem perder sua eficácia ao longo do tempo, e os benefícios obtidos inicialmente podem se dissipar. Portanto, uma abordagem responsável e ativa na operação, manutenção e resolução de problemas é essencial para garantir que essas tecnologias continuem a contribuir para a eficiência energética da habitação popular, preservando os investimentos realizados (STEVAN; FARINELLI, 2019).

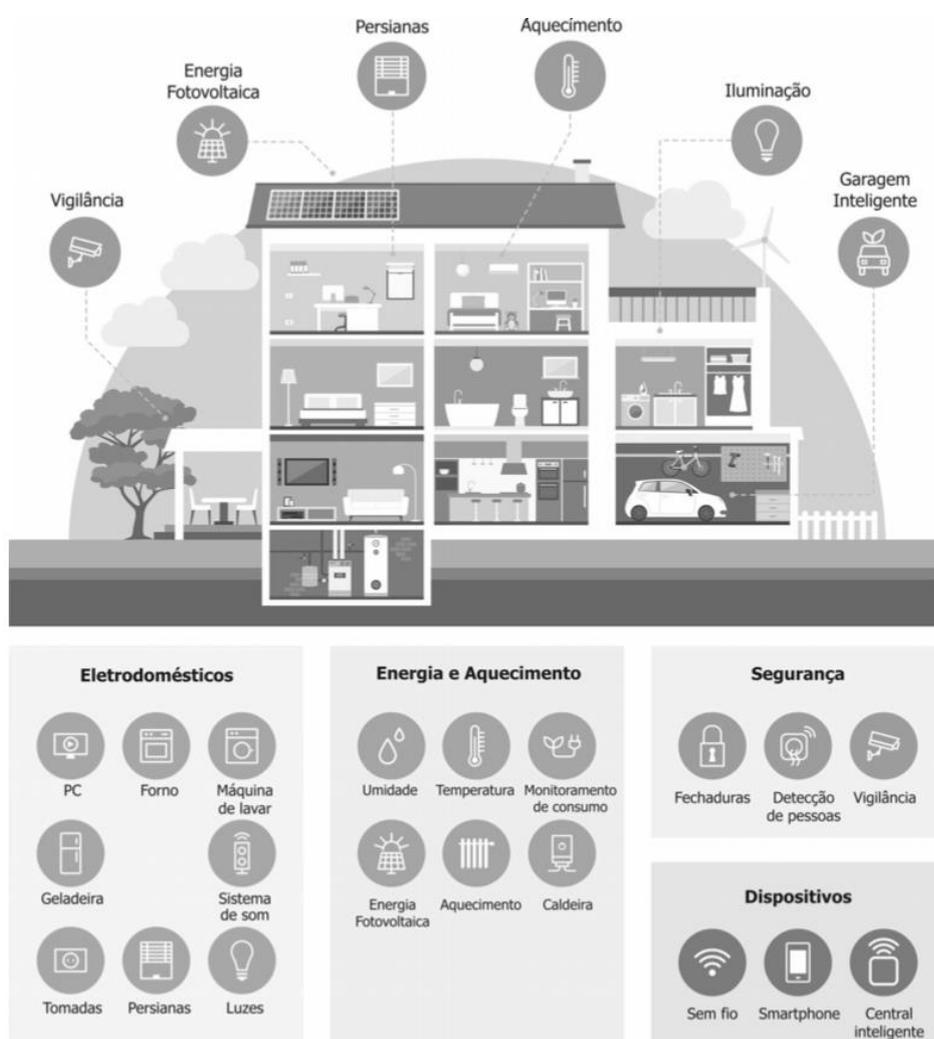


Figura 13: Ambiente residencial inteligente. Fonte: STEVAN; FARINELLI, 2019.

### 3.2.7 TELHADOS VERDES

A incorporação de Telhados Verdes em habitações populares oferece uma série de vantagens notáveis em termos de eficiência energética e qualidade de vida. Essa abordagem sustentável envolve o cultivo de vegetação sobre a cobertura do edifício, trazendo benefícios tanto ambientais quanto para os moradores. No entanto, é fundamental considerar os pontos positivos e negativos associados a essa estratégia (LOPES, 2014).

Os benefícios dos Telhados Verdes são diversos e abrangentes. A camada de vegetação atua como um isolante térmico natural, regulando a temperatura interna ao reduzir o calor transferido para o interior do edifício, o que contribui diretamente para a redução do consumo de energia para resfriamento (ver Figura 14). Além disso, a vegetação ajuda a absorver a água da chuva, minimizando o escoamento e contribuindo para o gerenciamento de enchentes em áreas urbanas. Conforme observado por Silva e Santos (2010), os Telhados Verdes também podem melhorar a qualidade do ar, filtrando poluentes atmosféricos e aumentando a biodiversidade local, criando ambientes mais saudáveis e agradáveis para os moradores.



Figura 14: Telhado verde. Fonte: CASACOR, 2023.

No entanto, alguns contrapontos devem ser levados em consideração. Conforme Lopes (2014), a instalação de Telhados Verdes exige uma análise cuidadosa das cargas estruturais,

pois a vegetação adicional pode aumentar o peso sobre o edifício. Além disso, a manutenção adequada da vegetação é essencial para garantir a saúde das plantas e evitar possíveis problemas, como o crescimento descontrolado ou a acumulação de água em excesso. Também é importante destacar que a implantação de Telhados Verdes pode envolver custos iniciais mais elevados, tanto em termos de materiais quanto de instalação, o que pode representar um desafio para habitações populares com orçamentos limitados, pois sua estrutura precisará ser mais reforçada.

Além disso, é fundamental considerar a impermeabilização adequada das lajes antes de implementar Telhados Verdes. A impermeabilização protege a integridade estrutural do edifício e é importante para o funcionamento eficaz do Telhado Verde. Em suma, a integração de Telhados Verdes apresenta uma abordagem promissora para melhorar a eficiência energética e a qualidade de vida nas habitações populares. Essa estratégia combina benefícios ambientais com vantagens para os ocupantes, promovendo um ambiente mais sustentável e saudável. No entanto, os contrapontos devem ser gerenciados por meio de uma abordagem cuidadosa no projeto, instalação e manutenção, a fim de maximizar os benefícios ao longo do tempo (LOPES, 2014).

## 4 CRITÉRIOS PARA A SELEÇÃO DE ESTRATÉGIAS DE EFICIÊNCIA

A seleção das estratégias visa otimizar o custo inicial de implementação, bem como o retorno financeiro a longo prazo. Na literatura técnica, encontram-se diversas opções de estratégias de eficiência energética aplicáveis às habitações de interesse social. Entretanto, é relevante destacar que a eficácia dessas estratégias pode variar em cada situação específica. Portanto, é fundamental contar com um processo racional de avaliação de cada estratégia para identificar a mais eficiente em cada contexto.

### 4.1 DESCRIÇÃO DE CRITÉRIOS

Uma vez que neste trabalho de conclusão de curso o tema escolhido focaliza a construção, operação e uso de habitações de interesse social foram escolhidos como critérios os benefícios propiciados pela tecnologia para os usuários das habitações, a viabilidade financeira da implantação e manutenção da tecnologia considerando as condições econômicas de moradores de habitações de interesse social e os riscos operacionais e de uso relacionados com a dificuldades de assimilação da tecnologia pelos moradores das habitações e com a facilidade que as tecnologias podem ter de serem transferidas das habitações para um mercado ilegal (VIANA et al., 2021).

#### 4.1.1 BENEFÍCIOS DAS ESTRATÉGIAS

Nas comunidades carentes, onde a busca por qualidade de vida é constante, estabelece uma abordagem inovadora que é a implementação de sistemas de eficiência energética em habitações de interesse social, tendo como seu principal objetivo a redução de consumo de energia. Com isso os custos com esses serviços de energia elétrica diminuem além de gerar mais conforto para os moradores destas comunidades (VIANA et al., 2021).

Deve-se olhar além do retorno financeiro quando discutimos os sistemas de eficiência energética. Eles não são apenas uma maneira de economizar energia, mas uma oportunidade de

mudar a vida das pessoas que habitam esses espaços. A conscientização sobre esses benefícios é o princípio para transformar não apenas a maneira como encaramos o consumo de energia, mas também a forma como vivemos e interagimos com o ambiente (VIANA et al., 2021).

Ao entrar no mundo dos sistemas de eficiência energética, é fundamental compreender que a economia de energia é apenas um aspecto desse cenário. A eficiência energética contribui para a redução das emissões de gases de efeito estufa e das mudanças climáticas. Melhora a qualidade de vida dos moradores reduzindo assim as mudanças de temperatura que se tem dentro de uma habitação, minimizando o uso de equipamentos mecânicos para controlar estas variações (AIE, 2021).

Ao voltar para as habitações de interesse social, a importância desses benefícios se torna ainda mais evidente. Comunidades que enfrentam desafios socioeconômicos podem se beneficiar de forma exponencial com a economia de energia proporcionada por esses sistemas. A redução das contas de energia não é apenas uma estatística, é uma mudança considerável que pode aliviar o custo financeiro das famílias e direcionar os recursos que seriam gastos com o consumo de energia para outras necessidades como o lazer dos moradores, por exemplo (AIE, 2021).

Com estas melhorias o impacto seria notado rapidamente com ambientes mais confortáveis e saudáveis, pois têm uma consequência direta na saúde e no bem-estar dos moradores. Crianças podem se concentrar melhor nos estudos, adultos podem trabalhar de maneira mais eficaz e todos podem desfrutar de um espaço que promove o bem-estar emocional e psicológico (CIUCCI, 2023).

Não se pode ignorar o aspecto ambiental desse cenário. Em um momento em que a preocupação com o meio ambiente nunca foi tão imediata, a implementação de sistemas de eficiência energética se alinha perfeitamente com os esforços de sustentabilidade. A redução das emissões de gases poluentes e a gestão mais inteligente dos recursos naturais têm um impacto direto na saúde de nosso planeta (CIUCCI, 2023).

Ao discutir esses benefícios, nosso objetivo além de informar é conscientizar as pessoas de que a mudança é possível, de que há alternativas viáveis e eficazes para a maneira de como consumimos energia. Esclarecer a importância de olhar além dos números e abraçar a ideia de que a qualidade de vida, a sustentabilidade e o bem-estar estão intrinsecamente ligados. Em resumo, analisar os benefícios dos sistemas de eficiência energética em habitações de interesse

social é uma jornada de conscientização. Não se trata apenas de tecnologias; trata-se de uma abordagem que tem o poder de transformar vidas, comunidades e nosso planeta (SILVA; SANTOS, 2010). Onde pode-se construir um futuro melhor, agradável e mais eficiente do ponto de vista energético.

#### 4.1.2 VIABILIDADE FINANCEIRA

Em meio às estruturas das habitações de interesse social, onde os recursos são escassos, a análise da viabilidade financeira das tecnologias de eficiência energética assume um papel fundamental. Não se trata apenas de um exercício numérico, mas de uma exploração dos impactos socioeconômicos e ambientais dessas tecnologias, direcionando um caminho onde economia, sustentabilidade e qualidade de vida convergem (CIUCCI, 2023).

Cada decisão financeira, é uma peça do quebra-cabeça de uma habitação mais sustentável, econômica e saudável. Conforme Lamberts et al. (2014), a análise de viabilidade financeira não é um exercício simples. Trata-se de um processo vital para conscientizar as comunidades sobre as interferências a longo prazo de suas escolhas energéticas.

As habitações de interesse social recebem um subsídio do governo nas aquisições de novas moradias. Conseqüentemente, quando esta habitação conta com as tecnologias de eficiência energética aplicadas desde os inícios de seus projetos, no momento da aquisição destas casas o valor aplicado nestes investimentos irá ser agregado ao custo total do imóvel. Com isso no momento da compra os valores investidos serão contabilizados junto com o possível financiamento bancário, e assim aplicados os subsídios que estas habitações recebem da ajuda do governo, sendo eles com descontos direto no valor do imóvel ou nas taxas da financiamentos dessas propostas, tornando assim mais viável no ponto de vista financeiro. (VIANA et al., 2021).

É fundamental criar soluções flexíveis que levem em consideração os orçamentos limitados das habitações de interesse social, alavancando parcerias governamentais, programas de incentivo e financiamento comunitário (PREFEITURA MUNICIPAL DE CURITIBA, 2023). Uma das vantagens significativas de adquirir uma habitação com tecnologias inovadoras, como as de eficiência energética, resume no fato de que esses investimentos tendem a se valorizar progressivamente ao longo dos anos, contribuindo para a valorização do próprio

imóvel. Isso ocorre pelo fato de que a implementação dessas medidas envolve um custo inicial elevado em termos de estratégias passivas.

No fim, a análise financeira das tecnologias de eficiência energética é vital para equilibrar economia, sustentabilidade e qualidade de vida. Cada decisão financeira contribui para habitações mais sustentáveis e acessíveis. A implementação inicial pode ser custosa, mas agrega valor ao imóvel ao longo do tempo, enquanto parcerias governamentais e programas de incentivo ajudam a superar limitações orçamentárias, tornando essa implementação acessível a toda a população que deseja adquirir um imóvel de interesse social (VIANA et al., 2021).

#### 4.1.3 RISCOS OPERACIONAIS E DE USO

Nas habitações de interesse social, a implementação de tecnologias de eficiência energética enfrenta desafios significativos. A análise detalhada dos riscos operacionais e de uso dessas tecnologias permite avaliar a solidez dos sistemas de eficiência energética. Algumas tecnologias são mais robustas e seguras para implementação permanente, enquanto outras podem ser facilmente removidas, resultando em sistemas vulneráveis (CACCIA et al., 2023).

A compreensão dos riscos operacionais e de uso das tecnologias de eficiência energética, traz consigo considerações específicas que devem ser abordadas para garantir seu desempenho otimizado. Esses riscos afetam a funcionalidade do sistema, a qualidade de vida dos moradores e a durabilidade a longo prazo das tecnologias implementadas (CACCIA et al., 2023).

Ao analisar os riscos operacionais e de uso, estamos preparando o terreno para uma adoção bem-sucedida das tecnologias de eficiência energética em habitações de interesse social. Essa análise oferece insights valiosos para a tomada de decisões informadas, permitindo que os implementadores antecipem e amenizem potenciais problemas (VIANA et al., 2021).

Em última análise, a análise dos riscos operacionais e de uso não é um exercício de pessimismo, mas sim um meio de assegurar que os sistemas de eficiência energética cumpram suas promessas. Ela nos lembra que cada passo em direção a um futuro mais sustentável exige um olhar cuidadoso, uma abordagem proativa e um compromisso com a aprendizagem contínua.

## 4.2 APLICAÇÃO DOS CRITÉRIOS

As tecnologias sustentáveis nas habitações de interesse social, são de interesse comum para diversos setores. Serão abordadas as seguintes tecnologias: isolamento térmico, iluminação e equipamentos eficientes, aquecimento solar de água, painéis fotovoltaicos, ventilação, iluminação natural, tecnologias de controle de energia, telhados verdes. Esta gama diversificada de opções se coloca à disposição para otimizar o consumo de energia, promover conforto e minimizar o impacto ambiental. No entanto, essa implementação não é isenta de desafios, incluindo a conscientização sobre custos reais e a possível comercialização inadequada das tecnologias. Esta abordagem explora como essas tecnologias podem trazer benefícios tangíveis às habitações de interesse social, ressaltando a necessidade de conscientização e planejamento para garantir que seus objetivos sejam alcançados de forma eficaz e sustentável.

### 4.2.1 ISOLAMENTO TÉRMICO

- a) **Benefícios do sistema:** O isolamento térmico proporciona conforto aos moradores ao estabilizar as temperaturas internas, criando ambientes agradáveis independentemente das condições climáticas. Isso resulta em bem-estar e qualidade de vida. Além disso, contribui diretamente para a redução do consumo de energia, diminuindo a necessidade de aquecimento e resfriamento.
- b) **Viabilidade financeira:** A viabilidade financeira do isolamento térmico é notável devido às economias de energia ao longo do tempo. Embora exija investimentos iniciais em materiais isolantes, sistemas construtivos adequados, correta orientação, etc., esses custos são compensados pelas economias nas contas de energia. O retorno sobre o investimento é evidente, tornando o isolamento térmico uma opção vantajosa.
- c) **Riscos operacionais e de uso:** Os riscos operacionais e de uso incluem a necessidade de manutenção regular para preservar a eficácia do isolamento ao longo do tempo. Instalações inadequadas podem resultar em lacunas ou falhas no isolamento, reduzindo sua eficiência. Os riscos de uso envolvem o risco de isolar excessivamente áreas,

levando ao superaquecimento, ou isolar insuficientemente, resultando em desconforto térmico (VIANA et al., 2021).

#### 4.2.2 ILUMINAÇÃO E EQUIPAMENTOS EFICIENTES

- a) **Benefícios do sistema:** A adoção de iluminação eficiente, como lâmpadas LED, oferece economia de energia, reduzindo o consumo em comparação com lâmpadas convencionais. Isso resulta em economia financeira para os moradores e apenas quando são de fato duráveis. Além disso, a qualidade de luz mais uniforme cria ambientes agradáveis e confortáveis.
- b) **Viabilidade financeira:** Apesar do investimento inicial na substituição das lâmpadas convencionais por LEDs, os benefícios financeiros a longo prazo são notáveis. A economia contínua no consumo de energia leva a contas de eletricidade mais baixas. A vida útil prolongada das lâmpadas também reduz os custos de manutenção e substituição.
- c) **Riscos operacionais e de uso:** É crucial manter a manutenção adequada e o correto descarte das lâmpadas LED, considerando os componentes eletrônicos prejudiciais ao meio ambiente. A disponibilidade dessas tecnologias pode ser um desafio em regiões menos desenvolvidas. Além disso, a eficiência dos equipamentos depende do uso responsável e consciente por parte dos moradores, enfatizando a importância da conscientização, e a substituição por matérias que ofereçam o mesmo desempenho energético com a correta instalação do sistema de energia (VIANA et al., 2021).

#### 4.2.3 AQUECIMENTO SOLAR DE ÁGUA

- a) **Benefícios do sistema:** Utiliza energia solar para aquecer água, resultando em economia de energia e redução das emissões de gases poluentes. Oferece conforto no banho no decorrer do inverno, valoriza o imóvel e reduz a dependência de combustíveis fósseis.
- b) **Viabilidade financeira:** Embora possa envolver investimento inicial, a economia a longo prazo é significativa. Pode gerar economia de até 40% na conta de luz, mas os custos de manutenção e reparo devem ser considerados.

- c) **Riscos operacionais e de uso:** A viabilidade econômica pode ser um obstáculo para famílias de baixa renda. A eficácia está ligada às condições climáticas, sendo menos eficiente em dias nublados ou chuvosos. O uso consciente é essencial para maximizar os benefícios, evitando desperdícios. A instalação e manutenção exigem cuidados, e a complexidade pode ser um desafio para proprietários sem acesso a técnicos especializados. A busca por ganhos financeiros adicionais pode resultar na venda dos sistemas, comprometendo os benefícios planejados (VIANA et al., 2021).

#### 4.2.4 PAINÉIS FOTOVOLTAICOS

- a) **Benefícios do sistema:** Convertem diretamente a luz solar em eletricidade, gerando energia limpa e renovável. Contribuem para a redução das emissões de gases poluentes e são fundamentais na geração distribuída de energia, permitem conectar-se à rede pública e fornecer energia excedente para a rede, gerando créditos energéticos. A conexão é regulamentada por mecanismos como o "sistema de compensação de energia elétrica", que permite aos consumidores gerarem sua própria energia renovável.
- b) **Viabilidade financeira:** Têm um papel crucial na busca por fontes sustentáveis de energia. Sua integração em edifícios pode ser complexa, envolvendo considerações técnicas e práticas. Podem ser instalados em telhados ou campos solares, minimizando o impacto visual.
- c) **Riscos operacionais e de uso:** Dependem da luz solar, resultando em geração intermitente. Noite e condições climáticas adversas afetam a produção, exigindo soluções de armazenamento ou conexão à rede elétrica tradicional. A possibilidade de comércio irregular dos painéis pode distorcer os objetivos dos subsídios governamentais (VIANA et al., 2021).

#### 4.2.5 VENTILAÇÃO

- a) **Benefícios do sistema:** Proporciona conforto térmico e economia de energia. Renovação constante do ar remove poluentes, umidade e odores, criando um ambiente

interno saudável. Sistemas de ventilação podem reduzir a necessidade de resfriamento, promovendo a circulação de ar fresco.

- b) **Viabilidade financeira:** Estratégias de ventilação aliadas a aquecimento e resfriamento passivos otimizam o desempenho energético. A circulação adequada do ar distribui o calor solar e favorece o resfriamento noturno, diminuindo a dependência de sistemas mecânicos de climatização.
- c) **Riscos operacionais e de uso:** Requerem sistemas bem projetados e dimensionados para equilibrar a eficiência energética e a renovação do ar. Qualidade do ar externo em áreas urbanas poluídas precisa ser considerada, exigindo filtros e ventilação controlada. Uso correto e manutenção são fundamentais para a eficácia (VIANA et al., 2021).

#### 4.2.6 ILUMINAÇÃO NATURAL

- a) **Benefícios do sistema:** Reduz a necessidade de iluminação artificial durante o dia, melhorando a qualidade visual e o conforto psicológico dos ocupantes. Contribui para o bem-estar e a produtividade, além de economizar energia elétrica.
- b) **Viabilidade financeira:** A luz natural é abundante e gratuita, diminuindo os gastos com iluminação artificial durante o dia.
- c) **Riscos operacionais e de uso:** Posicionamento e orientação das aberturas devem ser considerados para evitar ofuscamento, excesso de calor ou perda de privacidade. Variação na intensidade da luz natural e variações climáticas, principalmente no inverno, podem afetar a consistência da iluminação. Pode haver dependência excessiva de iluminação artificial em cenários de baixa luz natural (VIANA et al., 2021).

#### 4.2.7 TECNOLOGIAS DE CONTROLE DE ENERGIA

- a) **Benefícios do sistema:** Oferece potencial para otimizar o consumo energético, proporcionar conforto aos moradores e reduzir os custos operacionais. Inclui dispositivos de automação residencial como termostatos programáveis, sensores de presença e sistemas de gerenciamento de energia.

- b) **Viabilidade financeira:** Requer investimentos financeiros iniciais para aquisição e instalação, o que pode ser um desafio para famílias de baixa renda.
- c) **Riscos operacionais e de uso:** A integração complexa dos sistemas pode demandar conhecimentos técnicos específicos. Dependência excessiva dessas tecnologias pode levar a desconforto em caso de falhas técnicas ou falta de manutenção. O sucesso das Tecnologias de Controle de Energia depende da conscientização e comprometimento dos usuários. Manutenção regular e procedimentos de reparo adequados são essenciais para manter a eficiência desses sistemas ao longo do tempo (VIANA et al., 2021).

#### 4.2.8 TELHADOS VERDES

- a) **Benefícios do sistema:** Os Telhados Verdes oferecem vantagens em eficiência energética, regulando a temperatura interna e reduzindo a necessidade de resfriamento. Eles também ajudam a absorver água da chuva, minimizando o escoamento e melhorando a qualidade do ar. Isso promove um ambiente mais saudável e sustentável.
- b) **Viabilidade Financeira:** Apesar dos custos iniciais mais altos, a viabilidade financeira dos Telhados Verdes se baseia na redução de consumo de energia a longo prazo e nos benefícios ambientais, como o gerenciamento de água da chuva. Análises de custo-benefício e incentivos locais devem ser considerados.
- c) **Riscos Operacionais e de Uso:** A instalação de Telhados Verdes exige análise de cargas estruturais e manutenção adequada para evitar problemas como crescimento excessivo de plantas. É necessário conhecimento técnico para instalação e manutenção, incluindo rega, poda e controle de pragas, para garantir a eficácia contínua.

**Tabela 1: Resumo das tecnologias.**

Sistema	Benefícios					Viabilidade Financeira					Riscos Operacionais e de Uso				
	P	R	B	MB	O	P	R	B	MB	O	P	R	B	MB	O
ISOLAMENTO TÉRMICO					x					x					x
ILUMINAÇÃO E EQUIPAMENTOS EFICIENTES					x	x							x		
AQUECIMENTO SOLAR DE ÁGUA					x	x							x		
PAINÉIS FOTOVOLTAICOS					x	x							x		
VENTILAÇÃO					x					x					x
ILUMINAÇÃO NATURAL					x					x					x
TECNOLOGIAS DE CONTROLE DE ENERGIA					x		x						x		
TELHADOS VERDES					x	x						x			

Fonte: Elaborado pelo Autor

#### 4.3 ESCOLHA DAS ESTRATÉGIAS MAIS VIÁVEIS

Na busca por abordagens sustentáveis e eficientes para habitações de interesse social, é essencial adotar estratégias que não apenas proporcionem conforto aos moradores, mas também garantam a eficiência energética e a viabilidade financeira a longo prazo. Nesse contexto, as estratégias de isolamento térmico, ventilação e iluminação natural emergem como pilares fundamentais, capazes de promover uma melhoria significativa nas condições de vida dos

ocupantes e, ao mesmo tempo, reduzir o consumo de recursos e os custos associados (VIANA et al., 2021).

O isolamento térmico, por exemplo, representa uma tecnologia eficaz pois uma simples escolha de material mais eficiente ou até mesmo a orientação dos tijolos na execução da alvenaria tem um impacto significativo no conforto térmico dentro da habitação. Ao ser incorporado diretamente nas estruturas, ele age como um sistema de vedação contra as oscilações de temperatura externa, mantendo o ambiente interno mais estável e confortável. Isso resulta em menor necessidade de aquecimento durante os meses frios e menor demanda por resfriamento nos dias quentes. A eficácia do isolamento térmico é duradoura, o que significa que os benefícios perduram ao longo de toda a vida útil da moradia, proporcionando economias contínuas de energia e, conseqüentemente, redução nas contas de energia (CACCIA et al., 2023).

Isso é particularmente relevante em habitações de interesse social, onde os recursos podem ser limitados e a capacidade de investir em aquecimento ou resfriamento é reduzida. O isolamento térmico, portanto, ressoa com a missão de proporcionar habitações acessíveis e confortáveis para todos, ao mesmo tempo em que fortalece a eficiência energética.

A ventilação é outra estratégia que merece destaque em projetos de habitações de interesse social. Uma ventilação adequada não apenas melhora a qualidade do ar interno, mas também desempenha um papel importante na regulação térmica das habitações. Através da correta disposição de aberturas e sistemas de ventilação, é possível criar fluxos de ar que ajudam a reduzir o acúmulo de calor dentro da habitação. A eficiência da ventilação é intrinsecamente ligada ao projeto, uma vez que a sua disposição considera fatores climáticos, como a orientação solar e a direção predominante do vento (CACCIA et al., 2023).

Além disso, a ventilação bem planejada é uma estratégia que não demanda custos operacionais significativos. Ao contrário de sistemas de climatização mecânica, que frequentemente implicam em altos custos de manutenção e consumo de energia contínua, a ventilação natural aproveita recursos naturais para promover o conforto térmico. Isso não apenas reduz as despesas de operação, mas também diminui a dependência de sistemas mecânicos que podem ser inacessíveis para comunidades de baixa renda. Portanto, a ventilação não apenas otimiza o desempenho energético, mas também oferece uma abordagem acessível e duradoura para o conforto ambiental (VIANA et al., 2021).

A iluminação natural, por sua vez, desempenha um papel na redução do consumo de energia relacionado à iluminação artificial. Através do projeto cuidadoso de aberturas, é possível maximizar a entrada de luz do sol nos espaços internos, reduzindo assim a necessidade de lâmpadas e luminárias elétricas durante o dia. Além disso, a iluminação natural traz uma série de benefícios tangíveis para os moradores. Ambientes bem iluminados e conectados à natureza tendem a melhorar o bem-estar emocional e a produtividade dos ocupantes (TORGA, 2023).

A eficiência da iluminação natural também está associada à sua durabilidade e custo-benefício. Uma vez projetadas e implementadas as aberturas corretas, elas permanecem como um recurso importante pois não requer custos operacionais significativos. Esse aspecto é importante em contextos de habitações de interesse social, onde os custos operacionais devem ser minimizados para garantir a acessibilidade e a viabilidade financeira a longo prazo (TORGA, 2023).

Outras tecnologias, como o aquecimento solar de água, implicam custos para sua implementação, sendo também condicionado à disponibilidade de luz solar. Em situações de baixa insolação, a necessidade de recorrer a outras fontes de calor para aquecer a água é uma consideração relevante. Além disso, a facilidade de remoção desse sistema aumenta o risco de comercialização ilícita dessa tecnologia.

Os painéis fotovoltaicos, embora sejam uma opção atrativa para aumentar a eficiência energética nas habitações, é importante considerar que sua implementação além do custo inicial de aquisição e instalação dos painéis, é fundamental levar em conta a necessidade de manutenção adequada para garantir seu funcionamento ao longo do tempo. Além disso, a durabilidade e a capacidade de resistência dos painéis às condições climáticas locais devem ser avaliadas para assegurar a eficácia a longo prazo (VIANA et al., 2021). No entanto, é importante observar que a facilidade de acesso também pode criar espaço para a comercialização inadequada e até ilegal dos sistemas fotovoltaicos, por apresentarem possibilidade de remoção pois não estão ligados diretamente na estrutura da habitação, facilitando assim a retirada da tecnologia.

Iluminação e equipamentos eficientes estão diretamente ligados aos moradores das futuras residências, pois eles têm um papel importante para que esta tecnologia tenha resultado, pois precisam substituir adequadamente os materiais compatíveis com essas tecnologias. Essa

preocupação está relacionada à possibilidade de que, após a instalação inicial, os moradores possam não manter ou repor os componentes adequados para o funcionamento eficiente desses sistemas. Isso pode comprometer a eficácia geral das tecnologias e afetar os benefícios esperados em termos de eficiência energética (VIANA et al., 2021).

Essa mesma preocupação se aplica às tecnologias de controle de energia, pois a implementação dessas tecnologias visa otimizar o uso de energia, mas existe o receio de que os moradores possam não manter ou substituir os componentes necessários para seu funcionamento eficaz. Isso poderia resultar em uma perda de eficiência energética ao longo do tempo e comprometer os benefícios esperados. Portanto, estas tecnologias trazem um risco de não ser eficientes pois estão diretamente ligadas à conscientização do usuário (TORGA, 2023).

Telhados verdes precisam de reparos contantes e periódicos, e há o temor de que os moradores possam não cuidar dos materiais necessários para a saúde contínua do sistema. Isso poderia levar à deterioração dos telhados ao longo do tempo e comprometer os benefícios em termos de isolamento térmico. Portanto, a conscientização do usuário é essencial para a manutenção e eficiência da tecnologia (LOPES, 2014)

Em conclusão, a escolha das estratégias de isolamento térmico, ventilação e iluminação natural como as mais robustas para habitações de interesse social é uma abordagem consciente. Essas três tecnologias não apenas otimizam a eficiência energética e promovem um ambiente habitacional mais confortável, mas também refletem a missão de proporcionar soluções duradouras e acessíveis para comunidades de baixa renda. A consideração de seus custos iniciais e operacionais, aliada aos benefícios que oferecem em termos de economia de energia, conforto térmico e bem-estar dos moradores, torna-as escolhas estratégicas para um futuro mais sustentável e inclusivo.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

No decurso deste trabalho, foram abordadas diversas tecnologias voltadas à eficiência energética em habitações de interesse social, incluindo o isolamento térmico, a ventilação e a iluminação natural, a utilização de painéis fotovoltaicos, telhados verdes e sistemas de aquecimento solar de água e também dispositivos de controle de energia e novos componentes e equipamentos elétricos. Esta abordagem ampla buscou identificar e conhecer diferentes estratégias para transformar as condições habitacionais e a qualidade de vida das comunidades menos privilegiadas.

Ao se aprofundar na questão do isolamento térmico, constata-se que a eficácia desta tecnologia não se limita à redução das perdas de calor. Sua correta implementação, é crucial para garantir um ambiente interno confortável e energeticamente eficiente. Além disso, o estabelecimento de uma barreira eficaz contra as variações climáticas reforça a economia de energia, melhorando as condições térmicas e impactando positivamente a saúde e o bem-estar dos moradores.

No tocante à ventilação, percebe-se que seu papel transcende a simples troca de ar. A ventilação bem planejada contribui para a qualidade do ar interno, impedindo a acumulação de poluentes e moldando um ambiente mais saudável. Ela também é uma aliada na regulação térmica, garantindo um ambiente confortável mesmo em climas adversos. Quando projetada de maneira inteligente, pode influenciar positivamente a saúde e a sensação de conforto dos ocupantes.

A integração da iluminação natural nas habitações de interesse social também se destaca como uma escolha estratégica. Além da economia financeira advinda da redução no uso de iluminação artificial, essa tecnologia promove uma melhoria significativa na qualidade de vida dos moradores. A luz natural não apenas ilumina os espaços, mas também tem impactos psicológicos e fisiológicos, ela influencia positivamente os ritmos biológicos, a produtividade e o bem-estar geral dos ocupantes.

Considerando as comunidades carentes como cenário de implementação, fica claro que as escolhas robustas dessas tecnologias (isolamento térmico, ventilação e iluminação natural) são especialmente relevantes. Essas comunidades frequentemente enfrentam desafios financeiros, sociais e ambientais, e a adoção dessas medidas pode acarretar uma mudança significativa. A

economia de energia resultante, somada à melhoria da qualidade de vida, tem potencial para aliviar o fardo financeiro das famílias e promover um ambiente mais saudável e sustentável.

Em resumo, a análise das tecnologias de eficiência energética deixa claro que elas não são meramente soluções técnicas, mas ferramentas que podem transformar a realidade das habitações de interesse social. A escolha criteriosa de tecnologias é um passo crucial na construção de um futuro mais equitativo e sustentável para essas comunidades. Conforme sublinha este estudo, essas tecnologias não só abordam a eficiência energética, mas também têm o poder de promover o bem-estar, a saúde e a igualdade social.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 15575-4:2013. **Edificações habitacionais — Desempenho Parte 4: Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas. SVVIE.**

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 15220-3:2005. **Desempenho térmico de edificações Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social.**

AIE. Agência Internacional de Energia. **Energy Efficiency 2021.** Disponível em <https://www.iea.org/reports/energy-efficiency-2021> Acesso em: 21 ago de 2023.

ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. **Resolução Normativa ANEEL Nº 482 DE 17/04/2012** . Disponível em <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=342518> Acesso em 05 set 2023.

CACCIA, L. S. et al. **Sustentabilidade em habitação de interesse social: Benefícios e custos de medidas para eficiência no consumo de água e energia.** Ano 2017. ISBN: 978-85-69487-09-8. Disponível: <https://www.wribrasil.org.br/publicacoes/sustentabilidade-em-habitacao-de-interesse-social> Acesso em 05 set 2023.

CIUCCI, M. **EFICIÊNCIA ENERGÉTICA.** Fichas temáticas sobre a União Europeia. Parlamento Europeu. Ano 2023. Disponível em: <https://www.europarl.europa.eu/factsheets/pt/sheet/69/efficjenza-energetika>. Acesso em 05 set 2023.

DEMHAB. Departamento Municipal de Habitação. **Plano Municipal de Habitação de Interesse Social de Porto Alegre.** Disponível em <https://www.prefeitura.poa.br/demhabst>. Acesso em 05 set 2023.

FANTE. **Painéis fotovoltaicos.** Disponível em: <https://www.fanteseguros.com.br/para-voce/painel-solar-fotovoltaico>. Acessado em: 02 de setembro de 2023.

INMETRO. INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA. MINISTÉRIO DA ECONOMIA. **PORTARIA Nº 309, DE 6 DE**

**SETEMBRO DE 2022.** Disponível <http://sistema-sil.inmetro.gov.br/rtac/RTAC002989.pdf>  
Acesso em 02 set 2023.

JESUS, Fernando. **Governo dá apoio de 7500€ para projetos de eficiência energética.** Set 24, 2020. Disponível em <https://www.portal-energia.com/apoio-projetos-eficiencia-energetica/>  
Acesso em 02 set 2023.

KEELER, M.; PRASAD, V. **Fundamentos de projeto de edificações sustentáveis 2.ed..** Editora Bookman Editora, 2018. ISBN: 8582604718, 9788582604717.

LAMBERTS, R. et al. **Casa Eficiente: Consumo e Geração de Energia.** Florianópolis: UFSC/LabEEE, 2010.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. **Eficiência Energética na Arquitetura.** (3ª EDIÇÃO) ANO: 2014. Editora: ELETROBRAS/PROCEL.

LOPES, A.C.S. **TELHADO VERDE: SISTEMA CONSTRUTIVO DE MAIOR EFICIÊNCIA E MENOR IMPACTO AMBIENTAL.** Monografia (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2014

MAIA, D. S.; MARAFON, G. J. **Apresentação – O Programa Minha Casa Minha Vida: habitação e produção do espaço urbano em diferentes escalas e perspectivas.** [online]. Rio de Janeiro: EDUERJ, 2020, pp. 7-18. ISBN: 978-65-00-03029-7. <https://doi.org/10.7476/9786500030297.0001>

NEOENERGIA. **Selo Procel: O que é, para que serve e quais as vantagens.** Disponível em <https://www.neoenergia.com/documents/d/guest/selo-procel-eletrdomesticos> Acesso em: 21 agosto de 2023

PORTAL SOLAR. **Energia solar térmica: o que, como funciona, vantagens e como utilizar.** Disponível em <https://www.portalsolar.com.br/energia-solar-aquecimento-agua-energia-solar-termica> Acesso em 03 set 2023.

Prefeitura Municipal de Curitiba. **Prefeitura entrega primeiro conjunto da Cohab com geração de energia solar.** Disponível em <https://www.curitiba.pr.gov.br/noticias/prefeitura-entrega-primeiro-conjunto-da-cohab-com-geracao-de-energia-solar/45537> Acesso em: 21 agosto de 2023

SILVA, A; SANTOS, B. **Poliestireno expandido: um material isolante térmico eficiente e sustentável.** Revista Brasileira de Engenharia Civil. 2010.

SILVA, J. A. et al. **Análise da eficiência energética, ambiental e econômica entre lâmpadas incandescentes, fluorescentes e LED.** Engenharia Sanitária e Ambiental. 2018.

STEVAN, S.; FARINELLI, F. **Domótica: automação residencial e casas inteligentes com Arduino e ESP8266.** Ano 2019.

TORGA, M. **Ventilação Cruzada.** Disponível em <https://engenharia360.com/arquitetura-bioclimatica-covid-19-ventilacao-natural/> Acessado em: 02 de setembro de 2023.

VIANA, A.N.C.et al. **Eficiência Energética - Fundamentos e Aplicações.** Rio de Janeiro: Editora : Neoenergia; 2º edição, 2021.