Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro, v.07, 2025
ISSN 2178-6925
DOI: 10.61164/rmnm.v7i1.3771

EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES: ESTRATÉGIAS E TECNOLOGIAS PARA REDUÇÃO DO CONSUMO ENERGÉTICO E SUSTENTABILIDADE

ENERGY EFFICIENCY IN BUILDINGS: STRATEGIES AND TECHNOLOGIES FOR ENERGY CONSUMPTION REDUCTION AND SUSTAINABILITY

Elias Ferreira Nascimento
Acadêmico do curso de Engenharia Civil da
Universidade de Gurupi-UnirG, Gurupi, TO, Brasil
E-mail: eliasfnascimento@unirg.edu.br

Patrick Peres Oliveira
Prof. Esp. no curso de Engenharia Civil da
Universidade de Gurupi-UnirG, Gurupi, TO, Brasil
E-mail: patrick@unirg.edu.br

Recebido: 29/03/2025 – Aceito: 13/04/2025

Resumo

A eficiência energética no setor da construção civil, tem grande importância pois essa área é uma das maiores consumidoras de energia e emissores de poluentes na atmosfera, responsável por 30% a 40% do uso global de energia. A adoção de práticas sustentáveis nesse setor é crucial para reduzir impactos ambientais e promover a sustentabilidade. No Brasil, normas como a NBR 15575 e programas como o PROCEL incentivam a eficiência energética, enquanto certificações como LEED e AQUA-HQE reconhecem edificações que adotam soluções sustentáveis. Estratégias passivas, como o uso de materiais térmicos e ventilação natural, e ativas, como sistemas de automação e integração de energias renováveis, são fundamentais para otimizar o desempenho energético das edificações. Apesar dos avanços, desafios como custos iniciais elevados, falta de conscientização e carência de mão de obra qualificada ainda dificultam a disseminação dessas práticas. O estudo propõe a integração de políticas públicas, investimentos em capacitação técnica e maior conscientização sobre os benefícios da eficiência energética para superar esses obstáculos. Em síntese, a eficiência energética em edificações é uma necessidade estratégica, não apenas para reduzir custos e consumo de energia, mas também para contribuir com a sustentabilidade global, alinhando-se às metas de redução de emissões e promoção de uma economia de baixo carbono.
Palavras-chave: Conforto térmico, gestão energética, construção civil, certificações ambientais, inovação tecnológica.

Abstract

Energy efficiency in the civil construction sector is of great importance because this area is one of the largest consumers of energy and emitters of greenhouse gases, responsible for 30% to 40% of global energy use. Adopting sustainable practices in this sector is crucial to reduce environmental impacts and

ISSN 2178-6925
DOI: 10.61164/rmnm.v7i1.3771

promote sustainability. In Brazil, standards such as NBR 15575 and programs such as PROCEL encourage energy efficiency, while certifications such as LEED and AQUA-HQE recognize buildings that adopt sustainable solutions. Passive strategies, such as the use of thermal materials and natural ventilation, and active strategies, such as automation systems and the integration of renewable energies, are essential to optimize the energy performance of buildings. Despite the advances, challenges such as high initial costs, lack of awareness, and lack of skilled labor still make it difficult to disseminate these practices. The study proposes the integration of public policies, investments in technical training and greater awareness of the benefits of energy efficiency to overcome these obstacles. In summary, energy efficiency in buildings is a strategic necessity, not only to reduce costs and energy consumption, but also to contribute to global sustainability, aligning with the goals of reducing emissions and promoting a low-carbon economy.
Keywords: Thermal comfort, energy management, civil construction, environmental certifications, technological innovation.

1. Introdução

O desafio global das mudanças no clima tem exigido uma profunda reavaliação dos padrões de consumo de energia em diversos setores, especialmente no setor da construção civil, destacando-se como um dos maiores contribuintes para o uso de energia e as emissões de gases poluentes (GUPTA; CHAKRABORTY, 2021). Estima-se que o setor seja responsável por cerca de 30% a 40% do consumo global de energia e por mais de um terço das emissões totais de gases de efeito estufa, e o setor da construção desempenha um papel crucial na busca pela sustentabilidade e na mitigação dos efeitos adversos das mudanças climáticas (HAFEZ et al., 2023).

Consequentemente, aumentar a eficiência energética nos edifícios tornou-se uma prioridade urgente, pois é essencial não apenas para reduzir as pegadas de carbono, mas também para garantir ambientes internos mais saudáveis, promover a viabilidade econômica e avançar a responsabilidade social.

No contexto brasileiro, a discussão sobre eficiência energética ganhou força com a criação de normas técnicas e programas governamentais, como a NBR 15575, que estabelece critérios de desempenho para edificações habitacionais, e o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL), que promove a adoção de práticas sustentáveis no setor (CARVALHO et al., 2020; SANTOS, 2024). Além disso, certificações ambientais, como o LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) e o AQUA-HQE, têm incentivado a construção de edificações mais eficientes e sustentáveis, reconhecendo projetos que adotam medidas para reduzir o consumo de energia e minimizar impactos ambientais (FERNANDES; SALGADO, 2014; HERZER; FERREIRA, 2016; PIMENTEL, 2024)

Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro, v.07, 2025
ISSN 2178-6925
DOI: 10.61164/rmnm.v7i1.3771

A eficiência energética em edificações pode ser definida como a capacidade de utilizar a energia de forma racional, garantindo o conforto e a funcionalidade dos espaços com o menor consumo possível (BABIARZ et al., 2024). Essa abordagem envolve a integração de estratégias passivas e ativas, que vão desde o uso de materiais com alto desempenho térmico até a implementação de sistemas inteligentes de gestão energética (MISCHOS; DALAGDI; VRAKAS, 2023; UM-E-HABIBA et al., 2024). Além disso, a incorporação de fontes renováveis de energia, como a solar e a eólica, tem se mostrado uma alternativa viável para reduzir a dependência de combustíveis fósseis e mitigar as emissões de gases de efeito estufa.

No estado do Tocantins, por exemplo, o uso de energia solar vem crescendo ao longo dos anos, apresentando um potencial significativo para reduzir os custos operacionais das moradias e fornecer uma fonte de eletricidade confiável e econômica. A integração de designs e tecnologias energeticamente eficientes na construção de moradias pode, ainda, reduzir o consumo geral de energia dos edifícios, diminuindo o custo de vida dos residentes e contribuindo para a sustentabilidade ambiental (LIMA; MARTINS; PERTEL, 2024).

Apesar dos avanços, ainda existem desafios significativos a serem superados. A falta de conscientização sobre os benefícios da eficiência energética, os custos iniciais elevados de algumas tecnologias e a carência de mão de obra qualificada são alguns dos obstáculos que dificultam a disseminação dessas práticas (ALVES, 2023). Nesse sentido, é fundamental promover estudos que explorem soluções viáveis e acessíveis, capazes de atender às diferentes realidades do setor da construção civil. Além de investigar as principais fontes de consumo energético em edificações, as tecnologias e materiais disponíveis para otimização do desempenho energético, bem como a aplicação de normas e certificações de sustentabilidade.

A relevância deste estudo reside na sua contribuição para o avanço do conhecimento sobre eficiência energética em edificações, oferecendo orientações para a adoção de práticas mais sustentáveis na construção civil. Acredita-se que esta revisão possa orientar novos projetos que promovam a redução do consumo de energia e a preservação do meio ambiente. Além disso, este trabalho busca fomentar a discussão sobre a importância da eficiência energética como um pilar fundamental para o desenvolvimento sustentável, alinhando-se às metas globais de redução de emissões e de promoção de uma economia de baixo carbono.

Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro, v.07, 2025
ISSN 2178-6925
DOI: 10.61164/rmnm.v7i1.3771

Em síntese, a eficiência energética em edificações não é apenas uma questão técnica, mas também uma necessidade estratégica para o setor da construção civil. A adoção de práticas e tecnologias que promovam a otimização do uso de energia pode gerar benefícios econômicos, ambientais e sociais, contribuindo para a construção de um futuro mais sustentável.

1.1 Objetivo Geral

Analisar e propor estratégias de eficiência energética para edificações, visando à redução do consumo de energia e à promoção da sustentabilidade.

2. Revisão da Literatura

A revisão de literatura deste trabalho está estruturada em torno de cinco eixos principais, que abrangem desde os conceitos fundamentais até as aplicações práticas e tendências futuras da eficiência energética em edificações. Esses tópicos fornecem uma base teórica para a compreensão do tema e para a proposição de estratégias eficientes, alinhadas às demandas ambientais, econômicas e sociais contemporâneas.

2.1 Conceitos e Definições de Eficiência Energética em Edificações

A eficiência energética em edificações pode ser definida como a capacidade de utilizar a energia de forma racional, garantindo o conforto e a funcionalidade dos espaços com o menor consumo possível (ALVES, 2023). Esse conceito está diretamente relacionado à otimização dos sistemas construtivos e à adoção de práticas que minimizem o desperdício de energia. A eficiência energética envolve a integração de estratégias passivas e ativas, que vão desde o uso de materiais com alto desempenho térmico até a implementação de sistemas inteligentes de gestão energética (MARIANO-HERNÁNDEZ et al., 2021). Essa abordagem multifacetada permite que as edificações atendam às necessidades humanas sem comprometer os recursos naturais alinhando-se aos princípios da sustentabilidade.

A importância da eficiência energética no contexto das edificações é amplamente reconhecida, uma vez que o setor da construção civil é responsável por

Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro, v.07, 2025
ISSN 2178-6925
DOI: 10.61164/rmnm.v7i1.3771

aproximadamente 40% do consumo global de energia (HAFEZ et al., 2023). Esse consumo está associado principalmente a sistemas de climatização, iluminação e operação de equipamentos, que, em muitos casos, operam de forma ineficiente, gerando desperdícios e elevados custos operacionais.

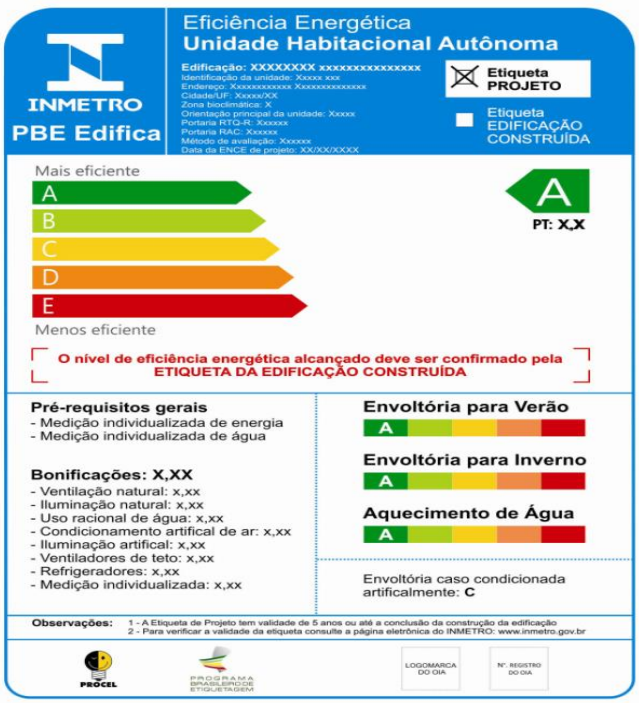
Além disso, as edificações são responsáveis por uma parcela significativa das emissões de gases de efeito estufa, contribuindo para as mudanças climáticas e a degradação ambiental (MIN et al., 2022). Diante desse cenário, a adoção de medidas que promovam a eficiência energética torna-se essencial não apenas para reduzir custos, mas também para mitigar os impactos ambientais e garantir a sustentabilidade do setor.

No Brasil, a etiquetagem de edificações é um processo que avalia a eficiência energética em edifícios comerciais, de serviços, públicos e residenciais (Figura 1). A etiqueta pode ser concedida em duas fases: durante o projeto e após a construção (LUZ, 2021). Para edifícios comerciais e públicos, são avaliados sistemas como envoltória, iluminação e condicionamento de ar, enquanto em edifícios residenciais, a avaliação inclui a envoltória e o sistema de aquecimento de água (PACHECO, 2022).

Essa etiquetagem é emitida por Organismos de Inspeção Acreditados (OIA) pelo INMETRO, garantindo a credibilidade e a padronização do processo. A etiquetagem funciona como uma ferramenta importante para orientar projetistas, construtores e usuários na escolha de soluções mais eficientes, contribuindo para a disseminação de boas práticas no setor (LUZ, 2021).

Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro, v.07, 2025
ISSN 2178-6925
DOI: 10.61164/rmnm.v7i1.3771

Figura 1 – Modelo de etiqueta para edificações emitida pelo INMETRO.



Fonte: INMETRO, 2021.

Além da etiquetagem, a eficiência energética em edificações também é avaliada por meio de benchmarks, que são valores de consumo de energia por metro quadrado de área de piso, comparados com padrões estabelecidos para diferentes tipos de edifícios sob condições climáticas específicas (SILVA, 2022). Esses benchmarks ajudam a identificar áreas prioritárias para melhorias na eficiência energética, abrangendo sistemas como aquecimento, resfriamento, iluminação e equipamentos elétricos (FRANCISCO; MOHAMMADI; TAYLOR, 2019). Ao estabelecer parâmetros claros, os benchmarks permitem que gestores e profissionais do setor identifiquem oportunidades de otimização e implementem medidas que resultem em reduções significativas no consumo energético.

O conceito de conforto térmico, acústico e visual também desempenha um papel central na eficiência energética. Edificações que proporcionam condições adequadas de conforto reduzem a necessidade de sistemas artificiais de climatização e iluminação, promovendo um equilíbrio entre o bem-estar dos usuários e o consumo energético. Por exemplo, o uso de materiais com propriedades térmicas adequadas e a orientação correta das edificações em relação ao sol podem reduzir a dependência de sistemas de ar-condicionado e aquecimento. Da mesma forma, a iluminação

Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro, v.07, 2025
ISSN 2178-6925
DOI: 10.61164/rmnm.v7i1.3771

natural bem planejada diminui a necessidade de iluminação artificial durante o dia. Nesse sentido, a eficiência energética não se limita à redução do consumo de energia, mas também à melhoria da qualidade de vida e à promoção da sustentabilidade.

2.2 Estratégias Passivas para Eficiência Energética

As estratégias passivas para eficiência energética estão associadas ao aproveitamento das condições naturais do entorno, como a orientação solar, a ventilação natural e o uso de vegetação para sombreamento (GIL-OZOUDEH et al., 2022). Essas práticas visam reduzir a necessidade de sistemas artificiais de climatização e iluminação, promovendo um equilíbrio entre o conforto térmico e o consumo energético.

Figura 2. Tipos de Soluções Térmicas para Telhados: Isolantes Térmicos e Telhas Refletoras



Fonte: https://metalica.com.br/isolantes-termicos-para-telhados-2/

O uso de materiais com alto desempenho térmico, como isolantes térmicos, vidros duplos e telhas refletores, é uma das principais estratégias passivas (Figura 2). Esses materiais reduzem as trocas de calor entre o interior e o exterior da edificação, contribuindo para a manutenção de temperaturas internas estáveis. Além disso, a orientação solar adequada e o uso de técnicas de sombreamento, como brises e vegetação, podem minimizar o ganho de calor durante o verão e maximizar a insolação durante o inverno, reduzindo a necessidade de sistemas de climatização (BOSU et al., 2023; MONTEIRO et al., 2024).

Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro, v.07, 2025
ISSN 2178-6925
DOI: 10.61164/rmnm.v7i1.3771

A orientação correta da edificação permite maximizar o ganho solar no inverno e minimizar o ganho excessivo no verão, enquanto o sombreamento, através de elementos como beirais e toldos, ajuda a reduzir o calor no verão (MANDALAKI; TSOUTSOS, 2020). A massa térmica, proporcionada por materiais como concreto e tijolos, absorve e armazena calor durante o dia, liberando-o à noite, o que pode reduzir a necessidade de sistemas de aquecimento e resfriamento.

A ventilação natural é outra estratégia crucial, pois permite a troca de ar sem o uso de sistemas mecânicos, mantendo o ambiente fresco e confortável. Isso é alcançado por meio de aberturas estrategicamente posicionadas para capturar brisas refrescantes e facilitar a circulação do ar. Além disso, a iluminação natural, proporcionada por janelas, reduz a necessidade de iluminação artificial, contribuindo para a economia de energia.

As estratégias passivas oferecem vários benefícios, incluindo a redução do consumo de energia, a diminuição das emissões de gases poluentes e a melhoria do conforto térmico dos ocupantes (MATOS; DELGADO; GUIMARÃES, 2022). Além disso, essas estratégias podem ser implementadas em diferentes tipos de edifícios, desde residenciais até comerciais, adaptando-se às condições climáticas locais.

A implementação eficaz das estratégias passivas depende de uma análise cuidadosa do clima local e das condições específicas do terreno. Isso envolve o uso de ferramentas de análise energética e a colaboração entre arquitetos, engenheiros e especialistas em eficiência energética para garantir que as soluções projetuais sejam otimizadas para o contexto específico.

Em resumo, as estratégias passivas são uma abordagem eficaz para melhorar a eficiência energética em edificações, promovendo a sustentabilidade e o conforto térmico sem aumentar o consumo de energia.

2.3 Tecnologias Ativas e Sistemas Eficientes

As tecnologias ativas e sistemas eficientes representam um conjunto de soluções que operam dinamicamente para otimizar o consumo energético em edificações, integrando-se a estratégias passivas e projetos bioclimáticos (TEIXEIRA; GUIMARÃES; DELGADO, 2022). Essas tecnologias atuam na gestão ativa de sistemas como climatização, iluminação e energia, utilizando sensores, automação e

ISSN 2178-6925
DOI: 10.61164/rmnm.v7i1.3771

inteligência artificial para ajustar o desempenho energético em tempo real (LEITE, 2021). Dessa forma, elas complementam as estratégias passivas, que se baseiam em características arquitetônicas e materiais para melhorar a eficiência energética, criando um ecossistema integrado que maximiza a sustentabilidade das edificações.

Os Sistemas de automação predial (BAS) destacam-se como uma ferramenta central nesse contexto, permitindo a integração de sistemas de aquecimento, resfriamento, iluminação e ventilação em uma plataforma única (O'GRADY; CHONG; MORRISON, 2021). Esses sistemas utilizam dados de sensores para ajustar a operação conforme ocupação, horários e condições ambientais, reduzindo desperdícios e otimizando o consumo (AL MUGHAIRI; BEACH; REZGUI, 2023). Em edifícios públicos brasileiros, por exemplo, a adoção de BAS aliada a normas como o Selo Procel Edifica tem demonstrado eficiência na gestão de climatização e iluminação artificial (SANTOS; SILVA; FRANCISCO, 2023). Essa integração de tecnologias avançadas com políticas públicas é fundamental para impulsionar a adoção de práticas sustentáveis no setor da construção civil.

As tecnologias ativas para eficiência energética envolvem a utilização de sistemas e equipamentos que permitem o controle preciso do consumo de energia. Entre essas tecnologias, destacam-se os sistemas de climatização de alta eficiência, como aquecimento, ventilação e ar-condicionado (AVAC), que utilizam compressores inverter e trocadores de calor avançados para reduzir o consumo energético (ASIM et al., 2022; SARAN et al., 2020). Esses sistemas são projetados para operar de forma mais eficiente, ajustando-se às demandas reais do ambiente e evitando o desperdício de energia.

Além disso, a medição inteligente e os sistemas preditivos são pilares para a eficiência ativa. Sensores e atuadores inteligentes permitem monitorar variáveis como temperatura, umidade e fluxo de ar, enquanto algoritmos de controle preditivo antecipam demandas energéticas com base em padrões históricos e previsões climáticas. Essa abordagem proativa garante que os sistemas operem de maneira otimizada, reduzindo custos e impactos ambientais.

A iluminação LED e os termostatos inteligentes são exemplos emblemáticos de tecnologias ativas. As lâmpadas LED consomem até 75% menos energia que as lâmpadas incandescentes e permitem integração com sensores de movimento e luz natural para ajustar a intensidade automaticamente (MAHMOUD, 2021). Já os

ISSN 2178-6925
DOI: 10.61164/rmnm.v7i1.3771

termostatos programáveis aprendem padrões de ocupação e ajustam as temperaturas de acordo com as necessidades, economizando até 10% no consumo de climatização (ESRAFILIAN-NAJAFABADI; HAGHIGHAT, 2021). Essas soluções não apenas reduzem o consumo energético, mas também melhoram o conforto dos usuários, demonstrando como a tecnologia pode ser aliada da sustentabilidade e da qualidade de vida.

Outro aspecto crucial das tecnologias ativas é a incorporação de fontes renováveis de energia, como sistemas fotovoltaicos e aquecedores solares. Esses sistemas permitem a geração de energia limpa no local, reduzindo a dependência de fontes não renováveis e minimizando as emissões de gases poluentes. A combinação de estratégias passivas e ativas com fontes renováveis pode resultar em edificações com consumo energético próximo a zero, conhecidas como "edifícios net-zero" (SHIRINBAKHSH; HARVEY, 2021). Esses edifícios representam o futuro da construção sustentável, alinhando-se às metas globais de redução de emissões e eficiência energética.

Em síntese, as tecnologias ativas representam uma camada complementar às estratégias passivas, permitindo que edifícios operem como sistemas adaptativos e inteligentes. Sua eficácia depende da integração com projetos bioclimáticos e da adoção de políticas públicas que incentivem inovações como BAS e medição inteligente. Essas tecnologias são essenciais para transformar o setor de edificações em um vetor de sustentabilidade, promovendo a redução do consumo energético, a minimização dos impactos ambientais e a melhoria do conforto e da qualidade de vida dos usuários. Para que esse potencial seja plenamente realizado, é necessário investir em pesquisa, desenvolvimento e capacitação, além de criar um ambiente regulatório favorável à adoção dessas soluções inovadoras.

2.4 Normas, Certificações e Programas de Incentivo

As normas, certificações e programas de incentivo formam uma estrutura regulatória e institucional que direciona e fomenta a implementação de práticas de eficiência energética, estando alinhados com políticas públicas e objetivos sustentáveis. Esses instrumentos estabelecem critérios técnicos, reconhecem

ISSN 2178-6925
DOI: 10.61164/rmnm.v7i1.3771

desempenhos e criam mecanismos para viabilizar investimentos em soluções eficientes.

No contexto brasileiro, a eficiência energética em edificações é regulamentada por normas técnicas e programas governamentais, como a NBR 15575 da ABNT, que define requisitos para projetos de edificações, abordando desde a envoltória até sistemas de climatização (CARVALHO et al., 2020). Além disso, a Resolução CONAMA 10/2016 estabelece diretrizes para edificações sustentáveis, enquanto normas internacionais como a ISO 50001 (gestão de energia) e a ISO 14001 (gestão ambiental) oferecem frameworks para otimização de processos (BENEDITO, 2021; MACIEL DA SILVA et al., 2024). Essas normas servem como referência para projetistas, garantindo que edifícios atendam a padrões mínimos de eficiência, como isolamento térmico e sistemas de iluminação eficientes.

As certificações ambientais desempenham um papel fundamental na promoção da eficiência energética, ao avaliar o desempenho ambiental de edificações. Certificações como LEED, Green Building Council Brasil (GBC) e AQUA consideram critérios como eficiência energética, uso de recursos hídricos e qualidade do ar interno (FERNANDES; SALGADO, 2014; HERZER; FERREIRA, 2016; PIMENTEL, 2024). No Brasil, o Selo Casa Azul, da Caixa Econômica Federal, e o Selo Procel Edifica, da Eletrobras, destacam-se por reconhecer edifícios que adotam tecnologias eficientes, como sistemas de captação de água da chuva e iluminação LED (SUGAHARA; FREITAS; CRUZ, 2021. Essas certificações não apenas valorizam imóveis no mercado, mas também incentivam a inovação, já que edifícios certificados geralmente apresentam redução de até 30% no consumo energético em comparação com edifícios convencionais.

Programas de incentivo também são essenciais para impulsionar a eficiência energética. No Brasil, o PROCEL Edifica (Eletrobras) e o Programa de Eficiência Energética (PEE) oferecem recursos financeiros e técnicos para a modernização de edifícios públicos e privados (CARVALHO et al., 2020; SANTOS, 2024). No âmbito internacional, iniciativas como o Green Climate Fund (GCF) e o Global Environment Facility (GEF) financiam projetos de eficiência energética em países em desenvolvimento (VIGURI et al., 2021). Além disso, políticas como taxas diferenciadas para energia e isenções fiscais para empresas que adotam tecnologias eficientes, como a Lei do Bem no Brasil, criam incentivos econômicos para a transição

ISSN 2178-6925
DOI: 10.61164/rmnm.v7i1.3771

sustentável. Essas iniciativas têm contribuído para a disseminação de práticas sustentáveis no setor da construção civil, mas ainda enfrentam desafios, como a falta de capacitação técnica e a resistência à mudança.

Apesar dos avanços, persistem obstáculos como a complexidade de implementação de normas em edifícios existentes e a falta de conscientização sobre os benefícios econômicos de longo prazo da eficiência energética. Programas como o Edifício Sustentável, do Ministério do Desenvolvimento Regional, buscam superar esses desafios, oferecendo capacitação técnica e modelos replicáveis. A integração entre normas, certificações e incentivos financeiros é fundamental para ampliar a adoção de soluções eficientes, transformando o setor de edificações em um vetor de redução de emissões e promoção de cidades sustentáveis. Para que isso ocorra, é necessário fortalecer a colaboração entre governos, setor privado e sociedade, além de investir em educação e conscientização sobre os impactos positivos da eficiência energética.

2.5 Tendências e Futuro da Eficiência Energética em Edificações

A eficiência energética em edificações está passando por transformações estruturais, impulsionadas por avanços tecnológicos, políticas públicas ambiciosas e a urgência climática. Essas tendências apontam para um futuro em que os edifícios não apenas consomem menos energia, mas também atuam como geradores de recursos, integrando-se a redes inteligentes e ecossistemas urbanos sustentáveis.

O futuro da eficiência energética em edificações está marcado pela expansão das fontes renováveis, a integração de tecnologias inteligentes e o desenvolvimento de materiais inovadores, alinhando-se às metas globais de redução de emissões e promovendo a sustentabilidade no setor da construção civil.

No cenário internacional, a Diretiva de Eficiência Energética da UE (2024/1275) estabelece marcos rigorosos, como a exigência de que todos os novos edifícios públicos sejam neutros em carbono até 2028 e os demais até 2030, com metas intermediárias de redução de 16% no consumo de energia primária até 2030 (GÖKGÖL; LINDER; SCHUETZ, 2025; HAGELQVIST; LEGNÉR; FEMENÍAS, 2024). No Brasil, programas como o Procel Edifica e certificações como LEED e AQUA reforçam a adoção de sistemas eficientes, enquanto a NBR 15.575 atualiza padrões para envoltórias térmicas e iluminação (CARVALHO et al., 2020; PIMENTEL, 2024).

Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro, v.07, 2025
ISSN 2178-6925
DOI: 10.61164/rmnm.v7i1.3771

Essas normas estão acelerando a transição para modelos de edifícios autossuficientes, que combinam painéis solares de alta eficiência, armazenamento em baterias e microgeração distribuída, contribuindo para a criação de um parque construído mais sustentável.

O desenvolvimento de materiais inovadores também desempenha um papel crucial nessa transformação. Materiais como bioconcreto, que possui capacidade de autorregeneração, madeira engenheirada e compósitos reciclados estão substituindo insumos tradicionais, reduzindo a pegada de carbono em até 40% (JONES et al., 2022). A economia circular impulsiona o reaproveitamento de resíduos na fabricação de concreto ecológico, enquanto telhados verdes e fachadas vivas melhoram o isolamento térmico e a qualidade do ar.

O conceito de *Positive Energy Buildings* (PEB) avança, com estruturas que produzem excedentes energéticos para alimentar veículos elétricos ou redes comunitárias (KUMAR; CAO, 2021). A diretiva europeia exige que novas garagens tenham infraestrutura para carregamento veicular e gestão inteligente de energia. No Brasil, projetos experimentais utilizam blockchain para comercializar excedentes de energia solar entre condomínios, um modelo que deve se expandir até 2030 (VELOSO et al., 2020). Essas iniciativas mostram como a integração entre tecnologias inteligentes e fontes renováveis pode transformar os edifícios em elementos ativos na geração e distribuição de energia.

Apesar do progresso, persistem desafios significativos, como a renovação de edifícios antigos responsáveis por 75% do consumo energético global e a falta de mão de obra especializada. Políticas de incentivo fiscal, como subsídios para retrofit, e a formação técnica em tecnologias verdes são essenciais para massificar essas tendências (GIARETTA, 2022). A sinergia entre regulamentação, inovação e conscientização coletiva definirá o ritmo da transição para um parque construído verdadeiramente sustentável. Para alcançar esse objetivo, é necessário fortalecer a colaboração entre governos, setor privado e sociedade, além de investir em educação e capacitação para superar os entraves atuais e garantir um futuro mais eficiente e sustentável.

5. Considerações Finais

Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro, v.07, 2025
ISSN 2178-6925
DOI: 10.61164/rmnm.v7i1.3771

A eficiência energética em edificações emerge como uma necessidade estratégica para o setor da construção civil, alinhando-se às demandas globais de sustentabilidade e redução das emissões de gases de efeito estufa. O estudo evidenciou que o setor da construção, responsável por uma parcela significativa do consumo energético mundial, tem um potencial considerável para contribuir com a mitigação dos impactos ambientais por meio da adoção de práticas e tecnologias eficientes. Normas técnicas, como a NBR 15575, e programas governamentais, como o PROCEL, desempenham um papel fundamental na promoção de edificações mais sustentáveis, enquanto certificações ambientais, como LEED e AQUA-HQE, incentivam a adoção de soluções inovadoras.

As estratégias passivas, que aproveitam condições naturais como ventilação e iluminação, e as tecnologias ativas, como sistemas de automação e energias renováveis, demonstram que é possível conciliar conforto, funcionalidade e redução do consumo energético. A integração de fontes renováveis, como a energia solar, e o uso de materiais de alto desempenho térmico são exemplos de soluções viáveis que podem transformar as edificações em modelos de sustentabilidade. No entanto, persistem desafios significativos, como os custos iniciais elevados, a falta de conscientização sobre os benefícios da eficiência energética e a carência de mão de obra qualificada.

Para superar esses obstáculos, é essencial promover políticas públicas que incentivem a adoção de tecnologias eficientes, investir em capacitação técnica e fomentar a conscientização sobre os impactos positivos da eficiência energética. A colaboração entre governos, setor privado e sociedade é fundamental para acelerar a transição para um parque construído mais sustentável. Em síntese, a eficiência energética em edificações não é apenas uma questão técnica, mas uma necessidade urgente para garantir um futuro mais sustentável, alinhado às metas globais de redução de emissões e promoção de uma economia de baixo carbono.

Referências

AL MUGHAIRI, M.; BEACH, T.; REZGUI, Y. Post-occupancy evaluation for enhancing building performance and automation deployment. **Journal of Building Engineering**, v. 77, p. 107388, 15 out. 2023.

ALVES, G. P. **Políticas de eficiência energética: Estudo do cenário nacional, benefícios, impactos e propostas de aperfeiçoamento.** Trabalho de conclusão de curso - Fortaleza: Universidade Federal do Ceará, 2023.

ASIM, N. et al. Sustainability of Heating, Ventilation and Air-Conditioning (HVAC) Systems in Buildings—An Overview. **International Journal of Environmental Research and Public Health 2022, Vol. 19, Page 1016**, v. 19, n. 2, p. 1016, 2022.

BABIARZ, B. et al. Energy Efficiency in Buildings: Toward Climate Neutrality. **Energies**, v. 17, n. 18, p. 4680, 2024.

BENEDITO, E. S. Sistema de gestão ambiental (SGA): A evolução da certificação das empresas brasileiras na norma ISO 14001. **Revista Livre de Sustentabilidade e Empreendedorismo**, v. 6, n. 3, p. 54–67, 1 maio 2021.

CARVALHO, A. R. DE et al. NBR 15575, Adequação ambiental e avaliação de desempenho. **MIX Sustentável**, v. 6, n. 3, p. 55–70, 2020.

ESRAFILIAN-NAJAFABADI, M.; HAGHIGHAT, F. Occupancy-based HVAC control using deep learning algorithms for estimating online preconditioning time in residential buildings. **Energy and Buildings**, v. 252, p. 111377, 2021.

FERNANDES, J. V. L.; SALGADO, M. Qualidade Ambiental do Projeto através da certificação LEED: Uma Discussão. **ENTAC - Encontro nacional de Tecnologia do Ambiente Construído**, n. 1, p. 1804–1813, 2014.

FRANCISCO, A.; MOHAMMADI, N.; TAYLOR, J. E. Smart City Digital Twin–Enabled Energy Management: Toward Real-Time Urban Building Energy Benchmarking. **Journal of Management in Engineering**, v. 36, n. 2, p. 04019045, 2019.

GIARETTA, R. F. **Avaliação do custo-benefício de medidas de eficiência energética em edificações de segurança pública em Santa Catarina visando retrofit para NZEB**. Dissertação de Mestrado - Florianópolis - SC: Universidade Federal de Santa Catarina, 2022.

GIL-OZOUDEH, I. et al. The role of passive design strategies in enhancing energy efficiency in green buildings. **Engineering Science & Technology Journal**, v. 3, n. 2, p. 71–91, 2022.

GÖKGÖL, E. K.; LINDER, E.; SCHUETZ, P. A community-based decision support map for building retrofit towards a more sustainable future. **Energy and Buildings**, v. 335, p. 115554, 2025.

GUPTA, J.; CHAKRABORTY, M. Energy efficiency in buildings. **Sustainable Fuel Technologies Handbook**, p. 457–480, 2021.

HAFEZ, F. S. et al. Energy Efficiency in Sustainable Buildings: A Systematic Review with Taxonomy, Challenges, Motivations, Methodological Aspects,

Recommendations, and Pathways for Future Research. **Energy Strategy Reviews**, v. 45, p. 1–30, 2023.

HAGELQVIST, S.; LEGNÉR, M.; FEMENÍAS, P. Energy Efficiency and Socio-Cultural Values in Public Policy in the City of Stockholm. **The Historic Environment: Policy & Practice**, v. 1, n. 1, p. 1–24, 2024.

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

INMETRO. Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia. **Programa brasileiro de etiquetagem**. Rio de Janeiro, INMETRO, 2021.

JONES, R. J. et al. Engineered Living Materials for Construction. **Engineered Living Materials**, p. 187–216, 2022.

LEITE, J. A. DE S. **Automação em Arquitetura Bioclimática**. Dissertação de Mestrado Integrado em Engenharia Civil - Lisboa: Universidade de Coimbra, 2021.

LIMA, A.; MARTINS, V.; PERTEL, M.; Construção sustentável e eficiência energética. **Boletim do Gerenciamento**, v. 44, n. 44, 2024.

LUZ, N. D. G. DA. **Etiquetagem em edificações: análise de eficiência energética de uma residência unifamiliar de Toledo/PR**. Graduação em Engenharia Civil - Toledo - PR: Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR, 2021.

MAHMOUD, M. M. A. S. Automated Smart Utilization of Background Lights and Daylight for Green Building Efficient and Economic Indoor Lighting Intensity Control. **Intelligent Control and Automation**, v. 12, n. 1, p. 1–15, 2021.

MANDALAKI, M.; TSOUTSOS, T. **Solar Shading Systems: Design, Performance, and Integrated Photovoltaics**. 1. ed. v. 1. Springer International Publishing, 2020.

MARIANO-HERNÁNDEZ, D. et al. A review of strategies for building energy management system: Model predictive control, demand side management, optimization, and fault detect & diagnosis. **Journal of Building Engineering**, v. 33, p. 101692, 2021.

MATOS, A. M.; DELGADO, J. M. P. Q.; GUIMARÃES, A. S. Energy-Efficiency Passive Strategies for Mediterranean Climate: An Overview. **Energies**, v. 15, n. 7, p. 2572, 2022.

MIN, J. et al. The effect of carbon dioxide emissions on the building energy efficiency. **Fuel**, v. 326, p. 124842, 2022.

MISCHOS, S.; DALAGDI, E.; VRAKAS, D. Intelligent energy management systems: a review. **Artificial Intelligence Review**, v. 56, n. 10, p. 11635–11674, 2023.

O'GRADY, T.; CHONG, H. Y.; MORRISON, G. M. A systematic review and meta-analysis of building automation systems. **Building and Environment**, v. 195, p. 107770, 2021.

PACHECO, T. P. A. **Avaliação da eficiência energética de envoltória e classificação de acordo com o método simplificado da INI-C: estudo de caso de uma EAS em Cacoal/RO**. Trabalho de Conclusão de Curso - Belo Horizonte - MG: Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG, 2022.

PIMENTEL, P. M. DA S. **Análise comparativa entre as certificações LEED, AQUA-HQE e Lixo Zero na gestão dos resíduos da construção civil.** Trabalho de conclusão de curso - Uberlândia - MG: Universidade Federal de Uberlândia, 2024.

SANTOS, B. L. **A importância do programa nacional de conservação de energia elétrica (PROCEL) para o Brasil.** Trabalho de conclusão de curso—Nova Andradina - MS: Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, 2024.

SHIRINBAKHSH, M.; HARVEY, L. D. D. Net-zero energy buildings: The influence of definition on greenhouse gas emissions. **Energy and Buildings**, v. 247, p. 111118, 2021.

SILVA, A. M. et al. Gestão e preservação ambiental: uma abordagem multidimensional. **Revista de Gestão e Secretariado**, v. 15, n. 8, p. e3979, 2024.

SILVA, M. K. P. **Desenvolvimento de benchmark energético em centros de saúde**. Dissertação de Mestrado—Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina - SC, 2022.

SUGAHARA, E. S.; FREITAS, M. R. DE; CRUZ, V. A. L. DA. análise das certificações ambientais de edificações: AQUA, PROCEL, LEED e CASA AZUL. **Interação - Revista de Ensino, Pesquisa e Extensão**, v. 23, n. 1, p. 12–24, 2021.

TEIXEIRA, G. P. L.; GUIMARÃES, A. S.; DELGADO, J. M. P. Q. Active and Passive Solutions for an Energy Efficient Building. **Diffusion Foundations and Materials Applications**, v. 30, p. 125–157, 2022.

UM-E-HABIBA et al. A review on enhancing energy efficiency and adaptability through system integration for smart buildings. **Journal of Building Engineering**, v. 89, p. 109354, 2024.

VELOSO, A. et al. Padrões de Projetos para Organizações de Contratos Inteligentes. **Workshop de Pesquisa Experimental da Internet do Futuro (WPEIF)**, p. 20–25, 2020.

VIGURI, S. et al. Analysis of External Climate Finance Access and Implementation: CIF, FCPF, GCF and GEF Projects and Programs by the Inter-American Development Bank. **Inter- American Development Bank - IDB**, v. 1, n. 2, p. 1–133, 2021.