



Artigo de Revisão

e-ISSN 2177-4560

Submetido em: 12 nov. 2021

Aceito em: 31 dez. 2021



VII Seminário Regional sobre
Gestão de Recursos Hídricos

VI Seminário sobre
Ecotoxicologia

9 a 12 de novembro de 2021

IFF - Campus São João da Barra

<https://eventos.iff.edu.br/srhidro-secotox>

DOI:10.19180/2177-4560.v15n12021p32-47

Uma revisão bibliográfica de medidas de eficiência energética em edifícios

A literature review of energy efficiency measures in buildings

Revisión de la literatura sobre medidas de eficiencia energética en edificios

Mariáh Pereira Soares Pessanha Soares  <https://orcid.org/0000-0002-3133-4471>

Mestranda em Engenharia Ambiental pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense (IFFluminense) – Campus Macaé/RJ – Brasil. E-mail: mariah.psp@gmail.com

Lanna Germano Peixoto  <https://orcid.org/0000-0003-1325-7545>

Mestranda em Engenharia Ambiental pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense (IFFluminense) – Campus Macaé/RJ – Brasil. E-mail: lannagpeixoto@gmail.com

Rílden Gomes Rodrigues  <https://orcid.org/0000-0002-1046-5851>

Mestrando em Engenharia Ambiental pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense (IFFluminense) – Campus Macaé/RJ – Brasil. E-mail: rildengr@gmail.com

Marcos Antônio Cruz Moreira  <https://orcid.org/0000-0001-9928-7846>

Doutor em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Professor do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia Fluminense (IFFluminense) – Macaé/RJ – Brasil. E-mail: mcruzcn@gmail.com

Luiz Pinedo Quinto Junior  <https://orcid.org/0000-0002-0608-2524>

Doutor em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade de São Paulo. Professor do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia Fluminense (IFFluminense) – Campos dos Goytacazes/RJ – Brasil. E-mail: luizpinedo@uol.com.br

Vicente de Paulo Santos de Oliveira  <https://orcid.org/0000-0002-5981-0345>

Doutor em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Viçosa (UFV). Professor do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia Fluminense (IFFluminense) – Campos dos Goytacazes/RJ – Brasil. E-mail: vicentepsoliveira@gmail.com

Resumo: Mediante o aumento da demanda energética aliado ao crescimento populacional e econômico, o estudo sobre eficiência energética constitui uma importante ferramenta para a estruturação de um futuro sustentável, tanto para as questões econômicas quanto para as questões ambientais. Dessa forma, o presente artigo possui como objetivo realizar um levantamento bibliográfico acerca do tema Eficiência Energética em Edifícios com vistas à compreensão da produção acadêmica relacionada ao tema. Foi

utilizada como instrumento da pesquisa a base de dados *Web of Science* e as palavras-chave pesquisadas “EFICIÊNCIA ENERGÉTICA” e “EDIFICAÇÕES” ou “EDIFÍCIOS”, de forma conjugada, utilizando-se o operador booleano “AND”. Observou-se, mediante a pesquisa, uma maior predominância do estudo de técnicas passivas de eficiência energética, quando comparadas às técnicas ativas, com 74,1% e 8,6% de estudos, respectivamente. Além disso, há uma desigualdade no número de estudos nos diferentes estados e regiões do Brasil. Mediante o exposto, as análises permitiram observar um panorama do que vem sendo avaliado no que se refere à eficiência energética em edifícios, sendo possível destacar alguns pontos importantes para a elaboração de trabalhos futuros.

Palavras-chave: Eficiência Energética. Edifícios. Bibliografia.

Abstract: Through the increase in energy demand combined with population and economic growth, the study on energy efficiency constitutes an important tool for structuring a sustainable future, both for economic and environmental issues. Thus, this article aims to conduct a bibliographical survey on the topic of Energy Efficiency in Buildings with a view to understanding the academic production related to the topic. The Web of Science database was used as a research instrument, and the searched keywords “ENERGY EFFICIENCY” and “BUILDINGS” or “BUILDINGS”, in conjunction, using the Boolean operator “AND”. Therefore, it was observed through the research a greater predominance of the study of passive techniques of energy efficiency, when compared to active techniques with 74.1% and 8.6% of studies respectively. In addition, there is an inequality in the number of studies in different states and regions of Brazil. Based on the above, the analyzes allowed us to observe an overview of what has been evaluated with regard to energy efficiency in buildings, making it possible to highlight some important points for the preparation of future work.

Keywords: Energy Efficiency. Buildings. Bibliography.

Resumen: A través del aumento de la demanda energética combinado con el crecimiento poblacional y económico, el estudio sobre eficiencia energética constituye una importante herramienta para estructurar un futuro sustentable, tanto en temas económicos como ambientales. Así, este artículo tiene como objetivo realizar un relevamiento bibliográfico sobre el tema de Eficiencia Energética en Edificios con miras a comprender la producción académica relacionada con el tema. La base de datos de Web of Science se utilizó como instrumento de investigación, y las palabras clave buscadas "EFICIENCIA ENERGÉTICA" y "EDIFICIOS" o "EDIFICIOS", en conjunto, utilizando el operador booleano "Y". Por tanto, se observó a través de la investigación un mayor predominio del estudio de técnicas pasivas de eficiencia energética, en comparación con las técnicas activas con 74,1% y 8,6% de estudios respectivamente. Además, existe una desigualdad en el número de estudios en diferentes estados y regiones de Brasil. En base a lo anterior, los análisis permitieron observar un panorama de lo evaluado en materia de eficiencia energética en los edificios, permitiendo resaltar algunos puntos importantes para la preparación de trabajos futuros.

Palabras clave: Eficiencia Energética. Edificios. Bibliografía.

1 Introdução

Responder às mudanças climáticas globais é considerado um dos principais desafios da sociedade no século XXI, especialmente considerando as consequências que devem ocasionar quanto ao meio ambiente, à saúde dos seres vivos e à economia. Para compreender as funções do sistema climático e as prováveis mudanças a curto e longo prazo, a climatologia procura aprimorar modelos matemáticos que caracterizam todos os elementos e interações que desempenham um papel nesse múltiplo conjunto de variáveis (CASAGRANDE & ALVAREZ, 2013).

Normalmente, a edificação permite a interação entre o ambiente externo, que é afetado pelas mudanças climáticas, e o ambiente interno, que deve ser conservado em condições que proporcionem bem-estar e proteção aos usuários. Uma parte da energia consumida para preservar o conforto do edifício é considerada como um ensejo para reduzir o desperdício total, pois a utilização de estratégias construtivas apropriadas pode diminuir o consumo final de energia. Portanto, as pesquisas de eficiência energética em edifícios para as necessidades futuras de energia, especialmente no decorrer do ciclo de vida planejado de cada edificação, são de fundamental importância (CASAGRANDE & ALVAREZ, 2013).

No Brasil, existe o hábito da produção de edificações padronizadas para reduzir despesas e tempo de execução. As organizações públicas costumam adotar os mesmos projetos sob a mesma circunstância. Porém, se um projeto padronizado é adotado, por um lado, ele busca otimizar o custo e o tempo na produção e construção do projeto; por outro, ignora questões essenciais como a diversidade climática nacional. Isso pode levar a problemas devido à falta de compreensão dos requisitos específicos da localidade em que o projeto for implantado. Em um país que possui um território nacional extenso e que dispõe de oito zonas bioclimáticas com características absolutamente diversas, conforme estabelecido na NBR 15220-3 (2005), um projeto padrão não é a solução mais apropriada para eliminar o problema. O baixo desempenho do edifício afeta o conforto ambiental do usuário, acarretando a utilização de climatização artificial e, com isso, levando a um aumento no consumo de energia (MACIEL *et al.*, 2021)

Devido aos avanços da tecnologia da computação, o desempenho térmico e energético dos edifícios pode ser estimado por meio de ferramentas virtuais, que permitem a inclusão de um grande número de variáveis, representando as características reais do edifício a ser estudado (CASAGRANDE & ALVAREZ, 2013). Além disso, de acordo com Costa (2021), vale ressaltar que é vital o uso de regulamentos ou normativas que avaliem ou classifiquem o nível de desempenho energético dos edifícios. De acordo com o mesmo autor, no Brasil, a partir de 2001, houve alguns avanços relacionados à eficiência energética, principalmente por causa da “Crise do Apagão”; em 2003 o governo lançou o Plano de Ação para Eficiência Energética em Edifícios. E, de acordo com Souza (2018), em 2001 houve a promulgação da Lei 10.295, Lei de Eficiência Energética, e, a partir disso, houve o desenvolvimento do Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviço e Públicas (RTQ-C) e também o Regulamento de Edificações Residenciais (RTQ-R), que tem a função não só de estipular referências e de avaliar, como também de certificar os projetos.

O processo de construção de uma edificação deve promover a proteção ambiental, reduzindo o consumo de água e energia. Por sua vez, um sistema de avaliação ambiental é uma ferramenta que ajuda a melhorar o desempenho das edificações. A aplicação dos métodos utilizados nessas avaliações pode contribuir para a redução do impacto ambiental do setor, pois, para além da certificação dos edifícios avaliados, eles podem também constituir um contexto de referência de desempenho por meio da evolução de novas tecnologias e soluções adequadas às condições locais. Com as certificações, a edificação agrega valores positivos, que tendem a proporcionar o atendimento às necessidades de conforto nas edificações e a otimizar a gestão do empreendimento, com a realização de um acompanhamento regular dos consumos de energia e água; quando algum índice apresenta alguma não conformidade, medidas de manutenção são recomendadas (MAZIERI, 2017).

Devido ao progressivo aumento da demanda energética e ao crescimento populacional e econômico, o estudo sobre eficiência energética é primordial para a estruturação de um futuro sustentável, tanto para as questões econômicas quanto para as questões ambientais (PIMENTEL *et al.*, 2021).

2 Referencial Teórico

2.1 Eficiência energética passiva

A eficiência energética passiva consiste em estratégias que visam tirar proveito de condições climáticas e recursos naturais locais, com o objetivo de diminuir o consumo energético de uma edificação e como consequência, a maximização dos benefícios térmicos e do conforto ambiental (VETTORAZZI, 2010).

2.1.1 Condições para uma boa eficiência energética passiva

- **Orientação do edifício**

O posicionamento da edificação deve levar em conta as condições de cada localidade; com a utilização da carta solar, é possível obter a localização geométrica do sol em determinado dia ou horário.

No hemisfério sul, a orientação norte é a que recebe a maior parte de incidência do sol; já a orientação voltada para o sul é a que recebe a menor incidência solar, a orientação leste recebe o sol da manhã e a orientação oeste recebe o sol vespertino (FABIAN, 2017). Então, para que haja um conforto térmico, é recomendado que ambientes de longa permanência (quarto, sala, cozinha ou escritório) tenham suas fachadas voltadas para orientações favoráveis, como norte e leste, enquanto aos ambientes de curta permanência (área de serviço, banheiro, corredor ou depósito) tenham suas fachadas voltadas para orientações desfavoráveis, como sul e oeste.

No Brasil, a NBR 15220-3 (2005) divide o território do país em oito zonas quanto ao clima; em cada zona, a norma recomenda algumas diretrizes construtivas e estratégias para o melhor desempenho térmico das edificações.

De acordo com De Lima (2018), algumas estratégias podem ser adotadas para minimizar os efeitos térmicos nas edificações:

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

- **Isolamento do Edifício**

O isolamento térmico é uma das estratégias de eficiência energética passiva mais confiáveis para um bom conforto térmico, tanto no verão como no inverno (MASTOURI, 2020).

➤ Telhado

É importante que o telhado receba técnica de isolamento térmico para evitar o superaquecimento, pois ele recebe uma grande quantidade de energia solar. Uma boa alternativa de resfriamento seriam os “telhados verdes” (MASTOURI, 2020). Outras soluções seriam o isolamento de massa térmica ou isolamento reflexivo (CHEN, 2020).

➤ Parede

O isolamento térmico nas paredes se mostra mais eficaz devido a sua grande área, e recomenda-se a utilização de isolamento em paredes próximas à entrada e saída de calor. Existem técnicas tanto para o isolamento interno da parede como para o externo, entretanto estudos apontam que o isolamento ideal depende de variáveis como o tipo e a orientação da edificação, condições climáticas e espessura do isolamento (CHEN, 2020). A espessura ideal para Mastouri (2020) é uma técnica passiva que depende da orientação da parede e de quais materiais serão adotados.

➤ Janelas

De acordo com Chen (2020), tecnologias de isolamento em janelas são vidros de baixa emissividade ou com enchimento a gás. Materiais com alto desempenho térmico e proteções solares (como brises) nas janelas também possuem um bom desempenho para isolamento térmico (KRELLING, 2015).

- **Iluminação e Ventilação Naturais**

- Iluminação

- O uso de iluminação natural controlada tem como objetivo a redução de iluminação artificial.

- Ventilação

- A ventilação natural renova o ar dos ambientes e diminui o uso de ventilação ou resfriamento artificial na edificação. Para Chen (2020), uma medida útil para melhor conforto térmico e redução de energia é o uso da ventilação natural.

- Por motivos de higiene e conforto, o ar do edifício deve ser renovado regularmente. Abrir as janelas várias vezes ao dia e/ou instalar um sistema de ventilação ajuda a manter um ambiente saudável, tanto para a integridade dos materiais como para os ocupantes do edifício. Além disso, a falta de ventilação ou ventilação insuficiente pode causar outros tipos de problemas, resultando, por exemplo, em umidade, odores desagradáveis, vestígios de mofo entre outras causas. Existem vários métodos de ventilação, do mais simples ao mais complexo (MASTOURI, 2020).

2.2 Eficiência energética ativa

Visando ao alcance da eficiência energética essencial para a atual circunstância de consumo, existem diversas medidas que podem ser colocadas em prática. Logo, a Eficiência Energética Ativa consiste na

adoção de estratégias e instalação de equipamentos que visam à economia, ao monitoramento e ao controle do uso da energia necessária (SANTESSO *et al.*, 2017).

2.2.1 Estratégias para Eficiência Energética Ativa

- **Controles e Sistemas de Automação**

Constituem instrumentos importantes que contribuirão para a maximização da economia de energia elétrica em edifícios, além de proporcionar melhores condições de conforto aos usuários. O emprego desses instrumentos possui como principal objetivo gerar sistemas de iluminação inteligentes e adaptáveis, diminuindo assim os desperdícios de consumo de energia elétrica (SCHINAZI *et al.*, 2018).

- Programadores de horário, temporizadores e timers

São dispositivos de operação analógica ou digital que possuem a capacidade de realizar a programação dos horários e dias da semana em que aparelhos elétricos, incluindo lâmpadas e luminárias, serão ligados ou desligados, visando à diminuição dos desperdícios de energia quando dispositivos não estiverem sendo utilizados. Dependendo do aparelho, há memória para diferentes programações. Além disso, podem funcionar de maneira cíclica ou não (SCHINAZI *et al.*, 2018).

- Sensores de Presença

Os sensores de presença são dispositivos que possuem a capacidade de detectar a presença de pessoas por meio da temperatura. Destinam-se ao acionamento temporário da iluminação a partir da detecção da presença de pessoas ou veículos no espaço onde se encontram instalados, visando, assim, à redução do consumo de energia elétrica. São comumente utilizados em espaços de uso intermitente, como, por exemplo, banheiros, corredores, depósitos, almoxarifados e, em alguns casos, garagens. Geralmente são instalados em tetos ou paredes (ARAUJO, 2020).

De acordo com CASTRO (2015), existem dois tipos de sensores de presença para a iluminação: os sensores infravermelho e ultrassônico. Sua principal vantagem consiste na possibilidade do acionamento da iluminação apenas quando houver a presença de pessoas ou veículos no ambiente, o que garante a redução do consumo de energia elétrica e a redução da quantidade de condutores devido à utilização da iluminação somente quando necessário.

- Dimmer com LED

São aparelhos com os quais é possível realizar a variação dos níveis de iluminação artificial em um determinado espaço. Com o seu uso, é possível a adaptação da intensidade da iluminação de acordo com a tarefa desempenhada, além do uso complementar à iluminação natural. Seu funcionamento é obtido por meio da variação da potência elétrica das lâmpadas e, por essa razão, seu uso é recomendado em lâmpadas de LED ou eletrônicas.

O uso de dimmers pode contribuir para a redução de ofuscamento e melhoria do desempenho energético. Infelizmente, ainda existe uma carência de estudos no que diz respeito ao cálculo do potencial

desempenho dessa solução; no entanto, estudos nessa área podem contribuir para aprimoramentos do RTQ-C, importante regulamento de eficiência energética no país, que atualmente não leva em consideração o uso de dimmers (SCHINAZI *et al.*, 2018; FERNANDES *et al.*, 2018).

➤ **BMS (Building Management System)**

Os sistemas de gestão predial, como são popularmente conhecidos no Brasil, correspondem à integração e à automação dos sistemas mecânicos e elétricos de uma determinada edificação. Os BMS envolvem sistemas de iluminação, segurança, incêndio e refrigeração de ar. O BMS permite a operação e gestão centralizada de tais utilidades prediais, o que contribui para o monitoramento em tempo real dos equipamentos instalados, assim como dos seus desempenhos (SCHINAZI *et al.*, 2018).

• **Aquecedor Solar**

Os aquecedores solares de água consistem em equipamentos responsáveis pela captação da radiação solar e sua conversão em calor para o fluido. Normalmente apresentam uma estrutura composta por dois elementos – os coletores solares (as placas de captação) e o reservatório de água quente, também chamado de boiler. Ao absorverem a radiação, o calor passa pelos tubos de cobre com água, que em sequência é aquecida e encaminhada para o reservatório de água quente (ALTOÉ *et al.*, 2012).

Tais equipamentos aquecem a água mesmo em baixas temperaturas, podendo ser do tipo plano, fechado ou aberto. Essa variável é estabelecida a partir da temperatura que se deseja alcançar, sendo os aquecedores solares fechados apropriados para temperaturas em torno de 60°C, e os abertos, para temperaturas ao redor de 30°C. Existem diversas marcas, modelos e tamanhos no mercado de aquecedores solares industriais, no entanto são muitas vezes considerados de custo elevado, o que dificulta o seu acesso a milhares de famílias de baixa renda. Nesse sentido, buscando alternativas mais sustentáveis para a produção dos aquecedores solares, pesquisas têm sido realizadas na busca pela produção de equipamentos alternativos e/ou artesanais, utilizando materiais recicláveis, reduzindo o custo e mantendo uma boa eficiência energética (TOLEDO, 2019).

• **Instalação de Sistema Fotovoltaico**

Dentre as diversas formas de energia renováveis existentes, podemos destacar: energia solar fotovoltaica, energia eólica e energia hidrelétrica. A energia solar fotovoltaica é gerada mediante a conversão da luz solar em eletricidade. Entretanto, apesar de o Brasil possuir uma localização privilegiada para a incidência de radiação solar, o país ainda possui poucos projetos para a utilização desse recurso natural quando comparado a países como Alemanha, China e Austrália. Isso se deve à falta de recursos e financiamentos do governo nessa área (ANEEL, 2008).

De um modo geral, em diversas áreas remotas, sistemas de geração de energia fotovoltaica apresentam a vantagem de não apresentarem poluições significativas associadas ao seu uso; o tempo de

construção de uma usina varia de um a dois anos, em comparação com os cinco a oito anos necessários para uma usina movida a combustíveis fósseis. Além disso, seu material é composto de silício, que é abundante na Terra, o que indica não haver, provavelmente, uma limitação de recursos. No entanto, as células fotovoltaicas utilizadas ainda são construídas individualmente, por processo artesanal, e, por isso, apresentam um custo elevado (HINRICHS; KLEINBACH; REIS, 2011).

2.3 Bibliometria

O termo bibliometria foi utilizado pela primeira vez em 1917 e consiste na aplicação da estatística à bibliografia. Com o passar dos anos, vem sendo amplamente utilizado para os estudos de comportamento da literatura científica em todos os campos do conhecimento, inclusive com denominações que sugerem novas aplicabilidades e métodos para a pesquisa, como, por exemplo, a cientometria, a infometria, a webometria e a altimetria (JOB, 2018).

A partir dos estudos quantitativos e qualitativos das publicações, é possível a mensuração da produção, de modo a pontuar os indicadores que refletem as tendências da pesquisa. Logo, a relevância de um estudo bibliométrico sobre a eficiência energética em edifícios, objeto de estudo da presente pesquisa, está na possibilidade do conhecimento e avaliação das publicações com vistas à compreensão da produção acadêmica relacionada ao tema, sua produtividade, metodologias utilizadas, identificação de periódicos mais relevantes, autores e instituições, além da frequência das citações. A partir dessa análise, pode-se observar como o conhecimento acerca do assunto tem sido difundido e quais rumos a pesquisa sobre o tema tende a seguir (HOLGADO-SILVA *et al.*, 2017).

3 Material e Método

O presente estudo visou à busca de publicações científicas na base de dados *Web of Science*, na língua portuguesa, pelas palavras-chave “EFICIÊNCIA ENERGÉTICA” e “EDIFICAÇÕES” ou “EDIFÍCIOS”, de forma conjugada, ao utilizar o operador booleano “AND”. Foi feita uma análise da área de estudos das revistas em que os artigos encontrados foram publicados, visando estabelecer um panorama das publicações a partir do ano de 2010 e limitando para a área de engenharias.

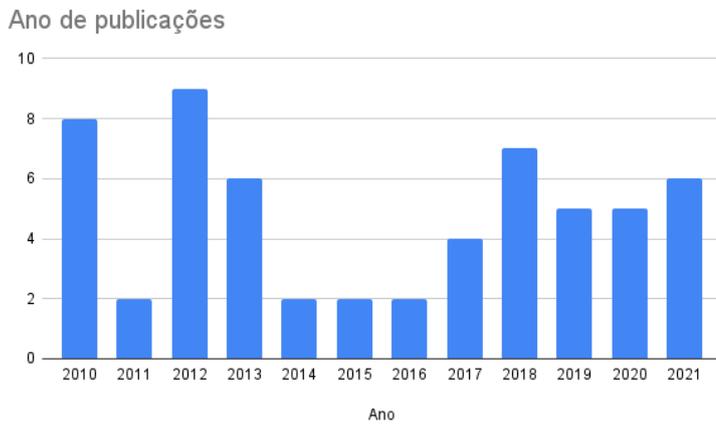
Em seguida, realizou-se a seleção manual dos artigos a partir de sua leitura, selecionando os artigos que tratavam de medidas de eficiência energética destinadas especificamente a edifícios e classificando medidas de acordo com seu tipo, tais como passiva e ativa.

4 Resultados e Discussões

Após a leitura dos artigos para classificação das características do estudo, 2 artigos foram removidos por não se enquadrarem no estudo de eficiência energética em edifícios, restando um total de 58. Em

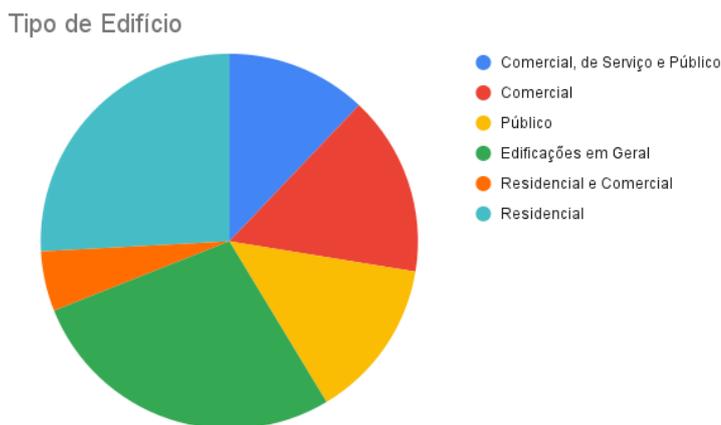
seguida, todas as características foram colocadas em planilhas, e gráficos foram gerados a fim de ilustrar a análise realizada neste trabalho. Podemos ver no Gráfico 1 os anos em que foram publicados os artigos e uma certa heterogeneidade nos resultados desse gráfico e do Gráfico 2, que demonstra o tipo de edifício que foi objeto do estudo.

Gráfico 1- Quantidade dos artigos analisados que foram publicados por ano.



Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

Gráfico 2- Proporção dos tipos de edifícios analisados.



Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

Inicialmente, podemos ver no Gráfico 3 o país onde o objeto do estudo estava situado, sendo possível observar uma prevalência de estudos realizados no Brasil, sendo que alguns estudos também se concentraram na avaliação de edifícios e características de diferentes países. Ao observar a realidade

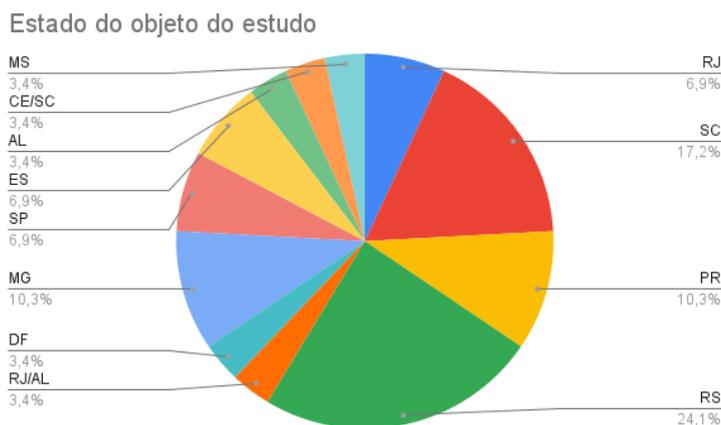
brasileira, no Gráfico 4, podemos ver o estado do Rio Grande do Sul em destaque e a região sul do país concentrando mais da metade do que foi produzido nacionalmente.

Gráfico 3- Proporção de países onde se situa o objeto do estudo.



Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

Gráfico 4- Proporção dos estados onde se situam os objetos do estudo.

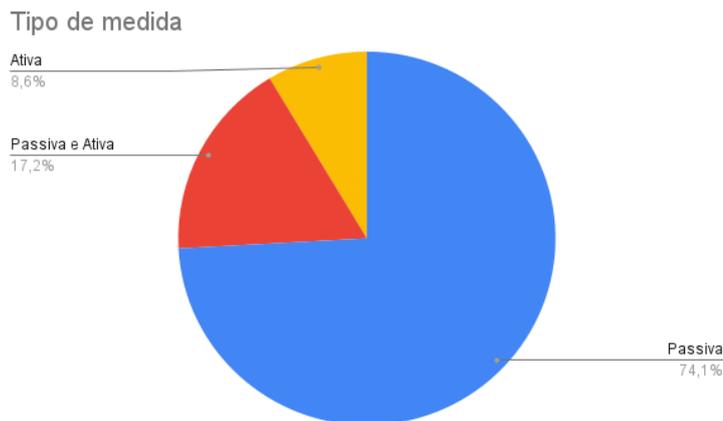


Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

No que se refere às medidas de eficiência energética analisadas em todos os artigos encontrados, podemos observar no Gráfico 5 que 74,1% focaram apenas em características passivas e 8,6% focaram apenas em ativas, tendo o restante se dedicado a analisar ambas. Isso pode indicar um potencial de

crescimento de estudos que tenham enfoque na eficiência energética ativa, tanto por conta da desigualdade na quantidade de artigos quanto pelo aumento do uso de soluções baseadas em sensores e dados em diversas áreas do conhecimento, e ainda por avaliações, como a de Téllez-Gutiérrez, que aponta para um potencial de redução de consumo entre 5% e 40%. Os equipamentos encontrados nos estudos que foram automatizados ou que viabilizaram a automação são: sensor fotoelétrico, persiana, iluminação e climatizador.

Gráfico 5- Proporção dos tipos de medidas de eficiência energética analisados nos artigos.



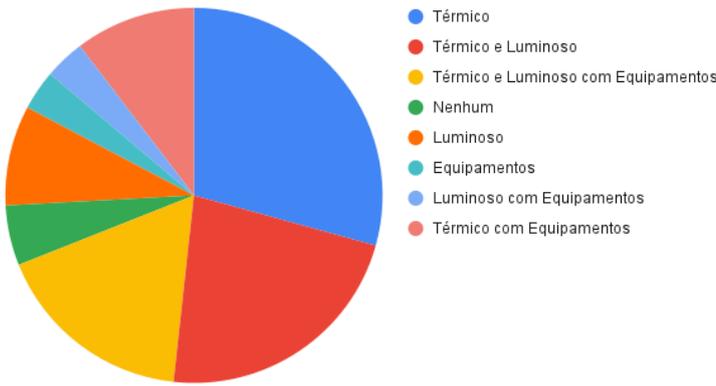
Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

Outro ponto analisado foi qual o desempenho do edifício avaliado, considerando o térmico, o luminoso e o dos equipamentos. Esses desempenhos dependem de características arquitetônicas do edifício e de outros fatores, como posicionamento geográfico, mas também de como os equipamentos do edifício são utilizados. No Gráfico 6, conseguimos observar que o destaque foi para o térmico, seguido de perto pela combinação do térmico com o luminoso, sendo os equipamentos foco único do estudo em apenas 3,7% dos estudos, mas sendo os equipamentos contemplados de forma combinada nos demais estudos.

Em três casos, nenhum desses desempenhos foi avaliado, sendo avaliadas diretrizes (SCHEIDT & HIROTA, 2010), morfologia urbana (MARINS & ROMÉRO, 2012) e a energia incorporada no material de construção (SOUZA et al., 2021). Esses estudos ilustram uma preocupação mais global com a eficiência energética de uma edificação, analisando não apenas a etapa do uso, mas também a etapa do planejamento, seja esse planejamento para a construção de um edifício, para a construção da cidade que vai abrigar o edifício ou para a escolha dos materiais que compõem o edifício e possuem uma energia incorporada em sua construção. Outro ponto de destaque são três estudos que exploraram a possibilidade de retrofit, reabilitando edifícios já construídos a fim de melhorar o desempenho energético.

Gráfico 6- Proporção dos tipos de desempenho do edifício avaliados nos artigos.

Desempenho avaliado

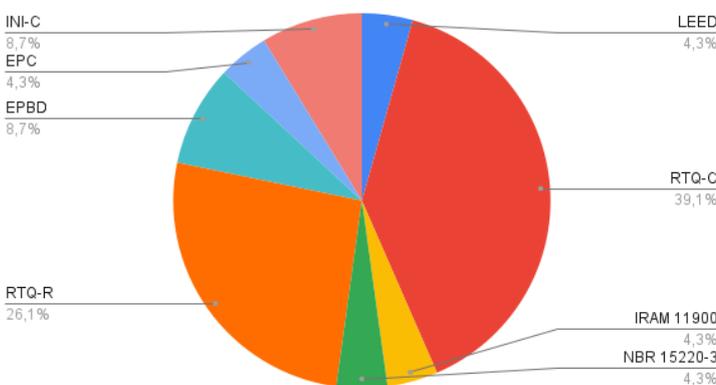


Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

Por fim, podemos observar certificações, etiquetagens e normativas que observam critérios de eficiência energética (Gráfico 7) que foram citadas em 23 dos 58 artigos, tendo como destaque Requisitos Técnicos da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C) e Requisitos Técnicos da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais (RTQ-R), citados em 9 e 6 artigos, respectivamente. European Performance Building Directive (EPBD) e Instrução Normativa Inmetro para a Classificação de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas (INI-C) são citados em dois artigos cada, e os demais são citados em apenas um artigo cada, sendo eles: Energy Performance Certificate (EPC), Leadership in Energy and Environmental Design (LEED), ABNT NBR 15220-3 e IRAM 11900. O gráfico 8 ilustra o ano de publicação dos artigos que analisam questões relacionadas a certificações, etiquetagens e normativas que observam os critérios relacionados à eficiência energética, sendo perceptível uma maior quantidade de publicações entre 2010 e 2013 comparado aos anos posteriores, mas é possível destacar também a falta de publicações nos anos de 2011, 2015, 2016 e 2020.

Gráfico 7- Proporção das certificações, etiquetagens e normativas avaliadas nos artigos.

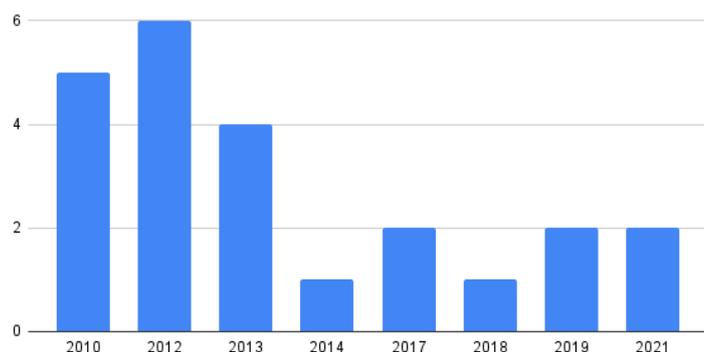
Certificações, etiquetagens e normativas



Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

Gráfico 8 - Ano de publicação de artigos relacionados a certificações, etiquetagens e normativas.

Ano de publicação de artigos relacionados a certificações, etiquetagens e normativas



Fonte: Elaborado pelo autor (2021)

5 Considerações finais

As análises realizadas permitiram observar um panorama do que vem sendo avaliado no que se refere à eficiência energética em edifícios, sendo possível destacar alguns pontos que podem ser importantes para a elaboração de trabalhos futuros.

O primeiro ponto se refere à predominância do estudo de técnicas passivas de eficiência energética, enquanto técnicas ativas são menos exploradas. O aumento da exploração de técnicas ativas pode possibilitar uma melhor operação do edifício e seus equipamentos, reduzindo o uso de recursos, impactos ao ambiente e custos.

O segundo ponto é a desigualdade na quantidade de estudos realizados nos diferentes estados e regiões do Brasil, o que é importante também por conta da diversidade climática nacional. Isso faz com que algumas regiões não tenham suas características completamente contempladas e que as possibilidades de efficientização do uso da energia sejam reduzidas.

O terceiro ponto diz respeito às certificações, etiquetagens e normativas, que buscam padronizar e estabelecer regras que objetivam um uso mais eficiente da energia nas edificações, mas que foram ligeiramente menos citadas nos últimos anos, como é possível observar ao comparar os gráficos 1 e 8. Essas medidas são importantes instrumentos e ferramentas para incentivar a implementação de medidas que possibilitam um uso mais eficiente da energia.

O quarto e último ponto são os estudos que analisaram etapas anteriores ao uso dos edifícios para seu fim e outros que analisaram a possibilidade de reforma dos edifícios para a melhoria do desempenho. Uma análise completa do ciclo de vida de um edifício pode possibilitar a redução da energia incorporada na construção e melhores escolhas construtivas para que haja um uso mais racional da energia durante a etapa do uso e até mesmo uma redução do gasto energético após o fim da vida útil.

Referências

- ALTOÉ, Leandra *et al.* Análise energética de sistemas solares térmicos para diferentes demandas de água em uma residência unifamiliar. *Ambiente Construído*, Porto Alegre, p. 75-87, set. 2012.
- ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica. Atlas de energia elétrica do Brasil 3. ed. – Brasília : Aneel, 2008. 236 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 15220 – 3: desempenho térmico de edificações residenciais. Parte 3 – Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Rio de Janeiro, ABNT, 2005.
- CASAGRANDE, Bruna Gomes e ALVAREZ, Cristina Engel de. Preparação de arquivos climáticos futuros para avaliação dos impactos das mudanças climáticas no desempenho termoenergético de edificações. *Ambiente Construído* [online]. 2013, v. 13, n. 4 [Acessado 21 Agosto 2021] , pp. 173-187. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S1678-86212013000400012>>. Epub 17 Jan 2014. ISSN 1678-8621. <https://doi.org/10.1590/S1678-86212013000400012>.
- CASTRO, D. F. Eficiência Energética Aplicada a Instalações Elétricas Residenciais. 2015. 138f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal do Rio de Janeiro. Departamento de Engenharia Elétrica. Rio de Janeiro, 2015.
- CHEN, Shuo *et al.* A review of internal and external influencing factors on energy efficiency design of buildings. *Energy and Buildings*, v. 216, p. 109944, 2020.
- COSTA, Lucas Martinez da, ALVAREZ, Cristina Engel de e MARTINO, Jarryer Andrade de. Proposta de método de projeto baseado no desempenho para edifícios energeticamente eficientes. *Ambiente Construído* [online]. 2021, v. 21, n. 2 [Acessado 22 Agosto 2021] , pp. 409-433. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/s1678-86212021000200533>>. Epub 05 Mar 2021. ISSN 1678-8621. <https://doi.org/10.1590/s1678-86212021000200533>.
- DE LIMA, Marcos Vinicius; RIBEIRO, Lauro André; DA SILVA, Thaísa Leal. ESTRATÉGIAS PASSIVAS VISANDO MAIOR EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NO PROJETO DE EDIFÍCIO DE ESCRITÓRIOS. In: **XII Mostra de Iniciação Científica e Extensão Comunitária e XI Mostra de Pesquisa de Pós-Graduação IMED 2018**. 2018.
- FABIAN, Tatiana Bruna; BALDISSERA, Idovino. CONFORTO TÉRMICO NA CONSTRUÇÃO CIVIL: MODOS ALTERNATIVOS DE MELHORAR AS RESIDÊNCIAS VIDEIRENSES. *Anuário Pesquisa e Extensão Unoesc Videira*, v. 2, p. e13295-e13295, 2017.
- FERNANDES, Luciana Oliveira *et al.* Potencial do uso da iluminação natural com dimmers e persianas automatizadas: estudo de edifício de pequeno porte com uso comercial para diferentes orientações em clima tropical. *Ambiente Construído*, Porto Alegre, v. 18, n. 02, p. 217-235, abr. 2018.
- HINRICHS, Roger A.; KLEINBACH, Merlin; REIS, Lineu Belico dos. ENERGIA E MEIO AMBIENTE. São Paulo. Cengage Learning, 2011.
- HOLGADO-SILVA, Heloiza Cristina *et al.* BIBLIOMETRIA EM ESTUDOS ORGANIZACIONAIS: o perfil das produções em ecologia das organizações. *Gestão e Sociedade*, [S.L.], v. 12, n. 31, p. 2042-2066, 29 nov. 2017. *Revista Gestão e Sociedade*. <http://dx.doi.org/10.21171/ges.v12i31.2297>.

JOB, Ivone. Bibliometria aplicada aos estudos do campo da Educação Física: confiabilidade, qualidade e relevância nas publicações. **Motrivivência**, [S.L.], v. 30, n. 54, p. 18-34, 27 jul. 2018. Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). <http://dx.doi.org/10.5007/2175-8042.2018v30n54p18>.

KRELLING, Amanda Fraga; HACKENBERG, Ana Mirthes. INFLUÊNCIA DE PARÂMETROS CONSTRUTIVOS NA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE UMA EDIFICAÇÃO—ANÁLISE ATRAVÉS DE SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 4, p. 211-232, 2015.

LAMBERTS, Roberto *et al.* Eficiência Energética na Arquitetura. 3. ed. Rio de Janeiro: Eletrobras, Procel, Procel Edifica, 2014. 382 p.

MACIEL, Thalita dos Santos *et al.* Otimização termoenergética de uma edificação escolar: discussão sobre o desempenho de quatro algoritmos evolutivos multiobjetivo. *Ambiente Construído* [online]. 2021, v. 21, n. 4 [Acessado 22 Agosto 2021], pp. 221-246. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/s1678-86212021000400567>>. Epub 02 Ago 2021. ISSN 1678-8621. <https://doi.org/10.1590/s1678-86212021000400567>.

MARINS, Karin Regina de Casas Castro; ROMÉRO, Marcelo de Andrade. Integração de condicionantes de morfologia urbana no desenvolvimento de metodologia para planejamento energético urbano. *Ambiente Construído*, v. 12, p. 117-137, 2012.

MASTOURI, Hicham *et al.* Improving energy efficiency in buildings: Review and compiling. **Materials Today: Proceedings**, v. 27, p. 2999-3003, 2020.

MAZIERI, DANIELA. DIAGNÓSTICO E COMPARAÇÃO DE SISTEMAS DE AVALIAÇÃO AMBIENTAL EM EDIFICAÇÕES ESCOLARES BRASILEIRAS. Disponível em: <<https://portal1.iff.edu.br/pesquisa-e-inovacao/pos-graduacao-stricto-sensu/mestrado-em-engenharia-ambiental/dissertacoes-de-mestrado/2017/diagnostico-e-comparacao-de-sistemas-de-avaliacao-ambiental-em-edificacoes-escolares-brasileiras>>. Acesso em: 13 outubro 2021.

PIMENTEL, Breno Pontes *et al.* Comparação dos métodos simplificado e de simulação propostos no novo regulamento brasileiro de etiquetagem de edificações públicas. *Ambiente Construído* [online]. 2021, v. 21, n. 4 [Acessado 22 Agosto 2021], pp. 179-200. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/s1678-86212021000400565>>. Epub 02 Ago 2021. ISSN 1678-8621. <https://doi.org/10.1590/s1678-86212021000400565>.

REIS, Lineu Belico dos e CUNHA, Eldis Camargo Neves. ENERGIA ELÉTRICA E SUSTENTABILIDADE: aspectos tecnológicos, socioambientais e legais. Barueri, SP. Manole, 2006. 243p.

SANTESSO, Caroline Antonelli *et al.* Economia de energia através de estratégias passivas e ativas: Um estudo para habitação de interesse social. *Revista Espacios*, São Paulo, v. 38, n. 23, p. 1-15, jan. 2017.

SCHEIDT, Fernanda Selistre da Silva; HIROTA, Ercília Hitomi. Diretrizes para inserção de requisitos de eficiência energética no processo de projeto de aeroportos. *Ambiente Construído*, v. 10, n. 2, p. 71-86, 2010.

SCHINAZI, Alexandre *et al.* (org.). GUIA INTERATIVO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES: relatório final. Mitisidi Projetos, São Paulo, v. 1, n. 1, p. 1-269, set. 2018.

SOUZA, Régis Marciano de; MAGALHÃES, Ricardo Rodrigues; CAMPOS, Alessandro Torres. Modelo neuro-fuzzy para predição do aporte de energia de diferentes dosagens de concreto em edificações. *Ambiente Construído* [online]. 2021, v. 21, n. 2 [Acessado 23 Agosto 2021], pp. 295-309. Disponível em:

<<https://doi.org/10.1590/s1678-86212021000200527>>. Epub 10 Mar 2021. ISSN 1678-8621.
<https://doi.org/10.1590/s1678-86212021000200527>.

SOUZA, Roberta Vieira Gonçalves de, SOARES, Carla Patrícia Santos e ALVES, Tatiana Paula. Avaliação de dispositivos de sombreamento no RTQ-R do ponto de vista térmico e luminoso. *Ambiente Construído* [online]. 2018, v. 18, n. 4 [Acessado 22 Agosto 2021] , pp. 139-159. Disponível em:
<<https://doi.org/10.1590/s1678-86212018000400298>>. ISSN 1678-8621. <https://doi.org/10.1590/s1678-86212018000400298>.

TELLEZ-GUTIERREZ, Sandra; DUARTE-VELASCO, Oscar; ROSERO-GARCIA, Javier. DEMAND-SIDE MANAGEMENT STRATEGIES BASED ON ENERGY KEY PERFORMANCE INDICATORS IN REAL-TIME: CASE STUDY. *C.T.F Cienc. Tecnol. Futuro, Bucaramanga* , v. 10, n. 1, p. 5-16, June 2020 . Available from <http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0122-53832020000100005&lng=en&nrm=iso>. access on 23 Aug. 2021.
<https://doi.org/10.29047/01225383.128>.

VETTORAZZI, Egon; RUSSI, Madalena; SANTOS, Joaquim CP. A utilização de estratégias passivas de conforto térmico e eficiência energética para o desenvolvimento de uma habitação unifamiliar. In: *Congresso internacional de Sustentabilidade e Habitação de Interesse Social*. Porto Alegre. 2010.