



EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E O PROGRAMA MINHA CASA, MINHA VIDA: UMA REVISÃO DA LITERATURA

César Antônio de Albuquerque Filho, Universidade Federal do Rio de Janeiro, cesaralbuquerquefilho@poli.ufrj.br

Raíssa André de Araujo Universidade Federal do Rio de Janeiro, raissaa.araujo@poli.ufrj.br

Assed Haddad, Universidade Federal do Rio de Janeiro, assed@poli.ufrj.br

Mohammad Najjar, Universidade Federal do Rio de Janeiro, mnajjar@poli.ufrj.br

Resumo

Em uma sociedade cada vez mais em busca da sustentabilidade, consumo energético tem sido uma discussão global, o que torna o setor de edificações destaque globalmente como no Brasil. As edificações residenciais demandam enormes recursos, e as edificações devem seguir as preocupações globais, tornando-se cada vez mais eficientes. Este trabalho tem por objetivo avaliar a eficiência energética de projetos do Programa Minha Casa, Minha Vida por meio de revisão da literatura. A metodologia foi uma revisão bibliográfica na plataforma SCOPUS e Google acadêmico, verificando os desempenhos do programa, causas deste desempenho e recomendação dos autores. O Programa Minha Casa, Minha Vida apresentou desempenho médio para ruim, principalmente no que diz respeito ao conforto térmico. As causas principais se devem aos seus princípios, que são da padronização e baixo custo, o que leva ao calor excessivo dentro das habitações. As recomendações incluem principalmente seguir as indicações presentes nas normas brasileiras, respeitando as zonas bioclimáticas, e mudar a concepção de projeto para inserir ações de eficiência energética. O programa tem grande importância social, porém está longe de alcançar uma performance favorável à eficiência energética, devendo ser repensado seguindo indicações da literatura e das normas já existentes.

Palavras-chave: eficiência energética, edificações, minha casa minha vida, conforto térmico e lumínico.

1. Introdução

Em uma sociedade cada vez mais preocupada com aspectos da sustentabilidade, como consumo energético e emissões, o setor de edificação tem papel fundamental, pois é responsável por 30% do consumo energético e 27% das emissões globais, destas 8% de forma direta e 19% devido ao sistema de aquecimento, ventilação e ar condicionado (HVAC, em inglês *Heating, Ventilating and Air Conditioning*)(IEA, 2022).

O tema ganha ainda maior relevância ao considerar um crescimento da área ocupada por edifícios, que atualmente contam com 162,7 Bi m² em economias emergentes e em desenvolvimento e 90,0 Bi m² em economias desenvolvidas, com previsão de alcançar 192,3 Bi m² em

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

SUSTENTARE & WIPIS2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

22/11 evento
23/11 100% online
24/11 e gratuito

economias emergentes e em desenvolvimento e 98,6 Bi m² nas economias desenvolvidas. Atualmente a intensidade energética é de 145,1 kWh/m², porém a fim de mitigar os impactos das mudanças climáticas, e reduzir este valor, são necessárias ações concretas e globais de eficiência energética (IEA, 2023a).

A eficiência energética pode ser conceituada como a redução de perdas na conversão, transmissão e uso de energia, em todo o ciclo do processo analisado, assim como a minimização da demanda, não havendo a perda de qualidade em relação ao processo padrão (REN, 2016 apud ELOI et al., 2019). Já para Baierle, Skorupa e Paz (2018) a definição é relacionada com o uso racional de energia, seja pela amplificação e conservação da mesma.

A eficiência energética nos edifícios possui benefícios como a redução da energia doméstica, fornecimento de informações para melhorias futuras (SUN et al., 2022), flexibilidade de demanda à rede elétrica (ANDREWS; JAIN, 2022), e reduz a pegada de carbono, atuando assim nas mudanças climáticas (BANIASSADI et al., 2022) e na descarbonização do setor de edifícios (DUNLOP; VOLKER, 2023), além de oportunidades macroeconômicas (SLABER-ERKER et al., 2022). Para alcançar a eficiência energética há duas formas, seja pelo comportamento de utilização dos usuários, seja pelo projeto e método construtivo, atrelado ao desempenho (BABICEAN, 2020).

Responsável por um enorme quantitativo de edificações habitacionais para a população de baixa renda está o Programa Minha Casa, Minha Vida (PMCMV). Este foi iniciado em 2009, regularizada pela Lei N°11.977/2009, para suprir o déficit de moradias existente para as populações com menor faixa de renda, além de ter sido um mecanismo de gerar emprego e infraestrutura urbana (BRASIL, 2009). Até final de 2020 já haviam sido entregues mais de 5 milhões de residências, com investimentos passando de meio bilhão de reais.

Em um contexto social brasileiro onde cada vez mais a população encontra-se em situação de vulnerabilidade, o consumo elétrico e seu custo à população é cada vez mais preocupante. Mesmo com um importante papel social, o PMCMV, em sua concepção, não contemplou nenhum aspecto de eficiência energética, economia de energia ou desempenho, onde somente no Artigo 82 é previsto o custeio de energia solar (BRASIL, 2009).

Este trabalho tem por objetivo avaliar a eficiência energética de projetos do Programa Minha Casa, Minha Vida por meio de revisão da literatura. Ademais, são avaliadas suas principais causas e pontos de melhoramento dos projetos.



2. Fundamentação teórica

No Brasil, o setor residencial consome 9,5% da energia total e 26,4% da energia elétrica consumida no país, perdendo apenas para o setor industrial. Considerando a preocupação com as emissões de GEE, o Brasil está em situação bastante favorável para energia elétrica, pois apenas 17,1% de sua energia é advinda de fontes não renováveis, porém este valor chega a 57,2% na oferta total (EPE, 2022). Para os investimentos de PD&D, de 2013 a 2018 foram investidos aproximadamente 300 milhões de reais em tecnologias de eficiência energética para residências e estabelecimentos comerciais (EPE, 2022a).

O aquecimento global em conjunto com ilhas de calor, comuns nos grandes centros urbanos, faz com sejam necessárias medidas para conforto ambiental, que dominam os gastos com HVAC, principalmente para resfriamento, no contexto brasileiro (ZHENG, CHEN; YANG, 2022). O desempenho térmico e lumínico levam a redução de equipamentos para conforto ambiental e iluminação, que estão se tornando cada vez mais presentes nos gastos dos brasileiros (Figura 1) (ABRAHÃO; SOUZA, 2021).

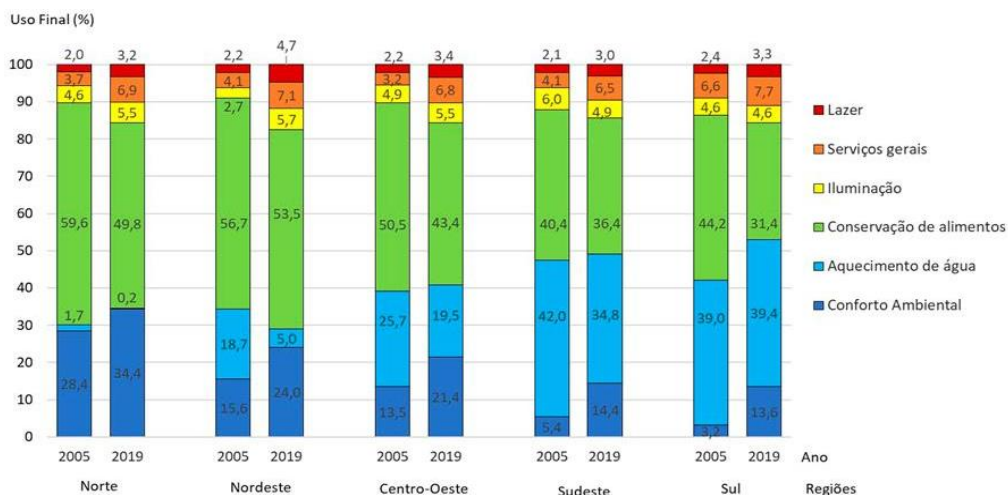


Figura 1. Consumo energético brasileiro em 2005 e 2019, por classe e região. Fonte: Abrahão e Souza (2021)

A NBR 15.575:2021 estabelece que o desempenho térmico das edificações habitacionais é dependente dos componentes estruturais (paredes e coberturas), áreas em vidro e de ventilação e das cargas térmicas dos usuários, iluminação e equipamentos que ali estiverem alocados, das aberturas e do clima da cidade (ABNT, 2021). Tais fatores vão de acordo com a definição de



Barbosa, Aguilar e Sales (2021), que divide os fatores em três classificações, sendo eles: Arquitetônicos, Climático e Corpo Humano (Figura 2). Ademais, ao falar sobre desempenho térmico deve-se considerar a NBR 15.220-3:2005 – Zoneamento bioclimático brasileiro, onde para cada zona são recomendados padrões para tamanho da abertura para ventilação, proteção das aberturas, vedações externas e estratégias de condicionamento térmico passivo (ABNT, 2005).

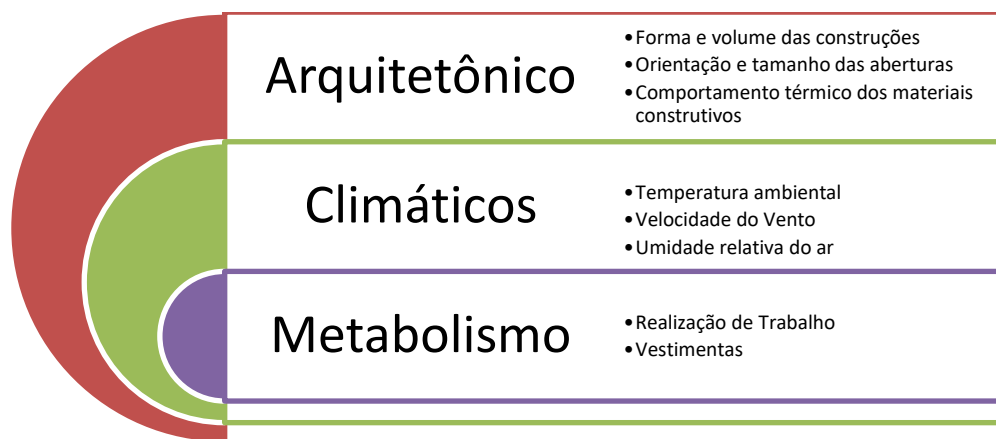


Figura 2 – Fatores que afetam o desempenho térmico.

Fonte: Adaptado de Barbosa, Aguilar e Sales (2021)

Já para o desempenho lumínico e eficiência energética, deve-se considerar a NBR 15.575:2021, com foco para a iluminação natural conveniente, advinda do exterior, que deve evitar uma iluminação artificial com gasto energético. Para tal deve-se seguir a adequada disposição dos cômodos (arquitetura), correta orientação geográfica da edificação, dimensionamento e posição das aberturas, tipos de janelas e de envidraçamentos, rugosidade e cores dos elementos (paredes, tetos, pisos etc.), inserção de poços de ventilação e iluminação (ABNT, 2021).

3. Metodologia

A metodologia adotada é a revisão bibliográfica. Foi realizada uma busca direcionada pelas palavras-chaves “Eficiência Energética” + “Minha Casa Minha Vida” em português no google acadêmico e em inglês no SCOPUS. O período temporal de busca foi de 2019 a 2022. Por serem



poucos, foram avaliados todos os artigos da SCOPUS, independente do ano. Não houve filtro de tipologia de documento.

Após, foi realizada a leitura dos artigos indicados na pesquisa para a realização da seleção daqueles com conexão com a pesquisa. Os dados foram tabulados por nome, autores, ano, método de pesquisa, se haveria a análise do desempenho de habitações sociais do programa Minha Casa, Minha Vida, se houvesse, se foi favorável ou desfavorável as condições de eficiência energética, causas da situação deste desempenho e por último quais recomendações de melhoras foram indicadas.

4. Resultados

A tabela 1 apresenta os nomes dos documentos, autores e ano de publicação dos artigos selecionados. Os três primeiros, que são também os únicos em inglês, foram aqueles advindo do banco de dados da SCOPUS, e os demais do Google Acadêmico. O ano com o maior número de publicação com nove, seguido por 2022 com três, 2020 e 2021 com dois, e 2015 e 2017 com um cada.

Tabela 1. Documentos selecionados para o estudo

| Nome | Autor(es) | Ano |
|--|--|------|
| Characterisation of representative building typologies for social housing projects in Brazil and its energy performance | Maria Andrea Triana; Roberto Lamberts; Paola Sassi | 2015 |
| Towards more resilient and energy efficient social housing in Brazil | Luise Mesquita José Ripper Kósab | 2017 |
| Analyzing the impact of small solar water heating systems on peak demand and on emissions in the Brazilian context | Talita Giglio; Vanessa Santos; Roberto Lamberts | 2019 |
| Avaliação do conforto térmico com base em critérios normativos em apartamentos representativos do Programa Minha Casa Minha Vida em Maceió – AL. | Miryan Patricia Tenorio Ferreira | 2019 |

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

SUSTENTARE & WIPIS2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS



22/11 evento
23/11 100% online
24/11 e gratuito

| | | |
|---|--|------|
| Avaliação do conforto térmico com base em critérios normativos em apartamentos representativos do Programa Minha Casa Minha Vida em Maceió-AL. | Míryan Patrícia Tenório Ferreira | 2019 |
| Eficiência Energética Aplicada a um Condomínio Residencial de Pequeno Porte: Estudo de Caso | Victor Bento dos Santos | 2019 |
| Análise Financeira de Medidas de Eficiência Energética e Geração de Energia em Habitações de Interesse Social | Raquel Fernandes de Sousa | 2019 |
| Adequação ao Selo Casa Azul da Caixa de Edificações do Programa Minha Casa Minha Vida | Suely Benevides Brasileiro | 2019 |
| Análise Computacional do Conforto Térmico em Unidade Habitacional do Programa Casa Popular do Governo Brasileiro: Proposta de Melhorias Aplicáveis às Edificações | Ruy Huldorico Souza Junior | 2019 |
| Como Projetar Habitações Residências Ecologicamente Corretas, visando o Conforto do seu Habitante, no Conjunto Recanto das Cores do Benedito Bentes I, construído 2015-2018 | Gleicy Esterfanny dos Santos Amorim; Thayrla Susanne Correia Silva; Mônica Peixoto Vianna; Sammea Ribeiro Granja Damasceno Costa | 2019 |
| Avaliação de Aspectos Bioclimáticos em Habitações Sociais no Litoral Sul da Bahia | Calline Chaves de Jesus; Heleonora Ferreira da Silva; Silvia Kimo Costa | 2019 |
| Selo Procel Para Obras Públicas: Uma Questão de Eficiência Energética | Hugo Lopes Camargo; Hugo Fernando Maia Milan | 2020 |
| Avaliação do desempenho energético pelo método prescritivo RTQ-R de uma Unidade Habitacional do Conjunto habitacional Park em Cacoal-RO | Sabrina Demarchi Porto; Jéssicadressa Barreira Cazé; Fernanda Cavatti Simioni | 2020 |



| | | |
|--|---|------|
| Aspectos impactantes no desempenho energético de habitações de interesse social brasileiras: revisão de literatura | Mateus V. Bavaresco; Hamilton Yair Ortiz Cuchivague; Alexandre Schinazi; Enedir Ghisi | 2021 |
| Análise do nível de eficiência energética de um apartamento localizado em Contagem / MG de acordo com o RTQ-R | Henrique Francisco dos Reis | 2021 |
| Estratégias para Personalização em Massa e Eficiência Energética no PMCMV em ZB 8 | Claudio Oliveira Morgado; Luciana Maria Bonvino Figueiredo; Gabriel Nunes Faria Barbosa Batista | 2022 |
| Implementação de Sistemas Fotovoltaicos em Habitações de Interesse Social no âmbito do Programa Minha Casa Minha Vida | Danyllo Wenceslau de Oliveira Lopes | 2022 |
| Avaliação da Eficiência Energética de uma Residência Unifamiliar em Diferentes Zonas Climáticas do Brasil por Meio de um Método Simplificado | Fernanda Gonçalves Martins | 2022 |

Por tipo de documento, 44,4% foram de revista, classe com maior quantitativo, seguido por dissertações e monografias de graduação com 22,2%, e por último artigos de evento e monografias de especialização com 5,6% (Figura 5). Caso o filtro de ano fosse aplicado também para a SCOPUS, o número de artigos de revista reduziria, pois seriam excluídos os de 2015 e 2017.

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

SUSTENTARE & WIPIS2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS



22/11 evento
23/11 100% online
24/11 e gratuito

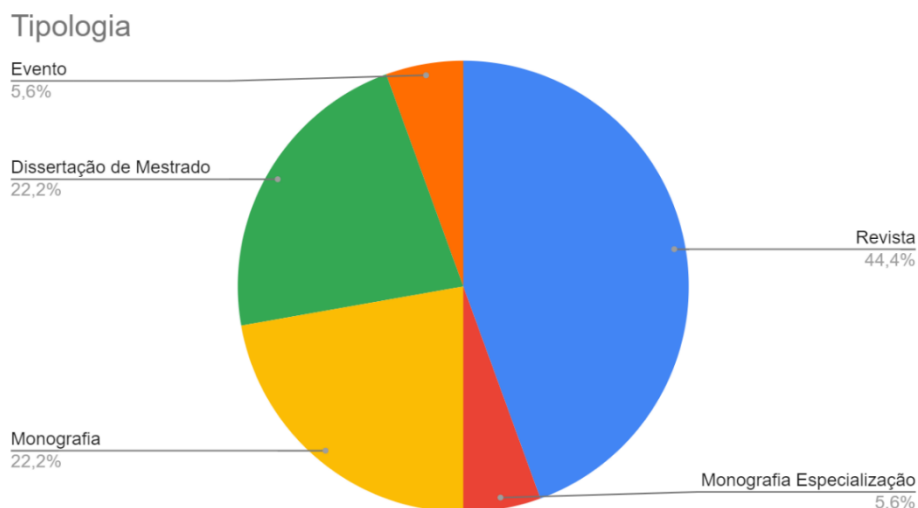


Figura 5. Classificação por tipo de documento

Para as principais metodologias aplicadas, foram elas a avaliação pelo Regulamento Técnico da Qualidade - RTQ para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais, Instrução Normativa Inmetro para a Classe de Eficiência Energética de Edificações Residenciais, NBR 15.575 e Certificações. Estas foram avaliadas in loco ou por modelagem computacional. Muitos dos estudos não se restringiam apenas a análise dos projetos existentes, mas sim com alternativas de melhorias que iam de acordo com a busca pela eficiência energética, o que também levou a aplicação de modelagens computacionais.

Os desempenhos foram avaliados de acordo com diferentes estudos de casos, de habitações uni e multifamiliares, em diferentes zonas bioclimáticas. A grande maioria mostra um desempenho médio para ruim (a partir de C) principalmente para desempenho térmico. As principais reclamações são de calor devido a uma insolação excessiva. O desempenho lumínico é pouco abordado. Para o consumo de eletricidade, quando este ocorre, é referência a eficiência das lâmpadas utilizadas. O desempenho variou de acordo com o cômodo, andar e época do ano.

Entre as causas do baixo desempenho térmico e lumínico, atrelado a utilização de equipamentos de baixos desempenhos, encontram-se:

- Não considerar o clima e características locais (Zonas bioclimáticas), que incluem Envolvória (telhado, parede), orientação da construção, dimensionamento de aberturas;
- Ausência de sombreamento (vegetação ou acessórios);
- Falta de políticas nacionais consistentes;

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

SUSTENTARE & WIPIS 2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

22/11 evento
23/11 100% online
24/11 e gratuito

- Priorização pelo baixo custo;
- Não considera a sustentabilidade;
- Modelo germinado evita a ventilação cruzada;
- Utilização de chuveiro elétrico e lâmpadas de alto consumo.

É percebido que tais problemas são causados pelos princípios do programa, que incluem a padronização e o baixo custo. Assim, para a inserção da eficiência energética das edificações, serão necessários mudanças na estrutura do programa e na concepção dos projetos a serem realizadas, pois devido a estrutura de alvenaria de baixo custo, é de grande dificuldade a melhora das construções já realizadas.

Considerando os pontos críticos identificados nos estudos e melhoramentos testados em suas pesquisas, as principais modificações de recomendações de melhorias foram:

- Novos materiais de envoltória e vedações;
- Consideração das especificações pela zona bioclimática;
- Dimensionamento das aberturas visando a iluminação natural e ventilação cruzada;
- Aumento do sombreamento, principalmente por acessórios (persiana, vidro com controle solar, brises soleis);
- Mudança da cor da tinta do revestimento;
- Padrões obrigatórios e critérios mínimos a serem seguidos;
- Seguir certificações;
- Incentivo para energia solar, tanto elétrica quanto aquecimento de água;
- Novos projetos mais sustentáveis.

Com isso, pode ser visto um cenário negativo referente a eficiência energética e desempenho das edificações do PMCMV. A maioria das causas e propostas de melhorias desse cenário é referente ao planejamento e construção das residências, o que leva a uma discussão as políticas de habitação brasileiras.

Referente a lei do Programa Minha Casa, Minha Vida, não há incentivos à sustentabilidade e eficiência, a única citação ocorre em seu Artigo 82, sendo o texto descrito como “Fica autorizado o custeio, no âmbito do PMCMV, da aquisição e instalação de equipamentos de



energia solar ou que contribuam para a redução do consumo de água em moradias” (Brasil, 2009). Com isso, houve apenas um foco de economia financeira e padronização das construções.

Mesmo que o programa Minha Casa, Minha Vida tenha sido marcado por projetos ineficientes, já na concepção o programa habitacional federal Casa Verde Amarela, que iniciou em substituição ao Minha Casa Minha Vida no governo Bolsonaro, está incluso iniciativas positivas (Objetivo 5 e Diretrizes 1, 8 e 11) (Brasil, 2021), sendo esperado que estas sejam inseridas nas construções.

Os Objetivos e Diretrizes da Casa Verde e Amarela foram revogados pela Medida Provisória N° 1.162 em fevereiro de 2023, substituída posteriormente pela Lei N° 14.620, de Julho 2023, que marcou o retorno do Programa Minha Casa, Minha Vida. Neste texto, desta vez estão previstas iniciativas nos objetivos, diretrizes e os requisitos técnicos aplicados aos projetos, o que mostra um grande avanço na preocupação governamental com o tema. Por outro lado, tal afirmação só poderá ser avaliada com um número considerável de habitações construídas e estudos futuros sobre elas.

Mesmo que grande parte das discussões sejam focadas em aspectos estruturais, que é o primeiro passo para a economia, já que está sendo viabilizado o conforto ambiental e lumínico, não deve ser esquecido que ações diretamente nos equipamentos de consumo. Tais medidas incluem o incentivo e subsídio para obtenção de equipamentos mais eficientes, automação e ações de conscientização.

5. Conclusões

Foi possível realizar uma revisão bibliográfica com 18 documentos, o que mostrou ser suficiente para a verificação de um desempenho desfavorável para a eficiência energética. Para que seja alcançada uma maior sustentabilidade nas edificações brasileiras e medidas de eficiência energética sejam estabelecidas nos programas federais de habitação, será necessário projetos que os contemplem desde sua concepção, além do mais, resultados favoráveis já seriam percebidos ao inserir a correta utilização dos fatores já definidos nas normas nacionais de acordo com a respectiva zona bioclimática.

Estudos já mostraram a melhoria do desempenho das edificações em modelagens na literatura, o que servem de base para a elaboração de novos projetos. Pesquisas futuras servirão para avaliar que os objetivos e diretrizes pertencentes no novo programa habitacional federal estão sendo corretamente implantados, superando assim os resultados obtidos pelo Programa Minha Casa Minha Vida.



7. Referências bibliográficas

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **ABNT NBR 15575-1:2021**: Edificações habitacionais — Desempenho Parte 1: Requisitos gerais. Rio de Janeiro: ABNT, 2021. p. 98.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **ABNT NBR 15220-3:2005** Desempenho térmico de edificações Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Rio de Janeiro: ABNT, 2005. p. 30.

ABRAHÃO, Karla Cristina de Freitas Jorge; SOUZA, Roberta Gonçalves Vieira de. Estimativa da evolução do uso final de energia elétrica no setor residencial do Brasil por região geográfica. **Ambiente Construído**, v. 21, p. 383-408, 2021.

ANDREWS, Abigail; JAIN, Rishie K. Beyond Energy Efficiency: A clustering approach to embed demand flexibility into building energy benchmarking. **Applied Energy**, v. 327, p. 119989, 2022.

BABICEAN, Andrei-Daniel. **Contribuição dos sistemas de aproveitamento de energias renováveis para a eficiência energética dos edifícios**. 2020. Tese de Doutorado. Universidade de Coimbra.

BAIERLE, E. E.; SKORUPA, T.; PAZ, M. C. R. Eficiência Energética aplicada à educação infantil no município de Bagé. In: **Congresso Brasileiro de Energia Solar**. 2018. VII Congresso Brasileiro de Energia Solar. Gramado –RS. 17 a 29 de abril de 2018.

BANIASSADI, Amir et al. Urban heat mitigation through improved building energy efficiency. **Energy and Climate Change**, v. 3, p. 100078, 2022.

BARBOSA, Paula Glória; AGUILAR, Maria Teresa Paulino; SALES, Rosemary do Bom Conselho. Conforto térmico do ambiente construído, eficiência energética e difusividade térmica:



um estudo interdisciplinar que envolve o Design. **Pensamentos em Design**, v. 1, n. 1, p. 95-102, 2021.

BRASIL. Lei nº 11.977, de 7 de julho de 2009. Dispõe sobre o Programa Minha Casa, Minha Vida - PMCMV e a regularização fundiária de assentamentos localizados em áreas urbanas [...]. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, ano 146, n. 128, p. 2-6, 8 jul. 2009.

BRASIL. Lei nº 14.118, de 12 de janeiro de 2021. Institui o Programa Casa Verde e Amarela[...]. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, ano 159, n. 8, p. 1-5, 13 jan. 2021.

BRASIL. Medida Provisória nº 1.162, de 14 de fevereiro de 2023. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, ano 161, n. 33, p. 2-5, 15 fev. 2023.

BRASIL. Lei nº 14.620, de 13 de julho de 2023. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, ano 161, n. 133, p. 1-7, 14 jul. 2023.

DUNLOP, T.; VOLKER, T. The politics of measurement and the case of energy efficiency policy in the European Union. **Energy Research & Social Science**, v. 96, 102918, 2023.

ELOI, Sarah Souza et al. Eficiência energética e realização de pré-diagnóstico energético em instituições de ensino de João Monlevade–MG. **Research, Society and Development**, v. 8, n. 2, p. e4182762-e4182762, 2019.

EPE - Empresa de Pesquisa Energética. **Balço Energético Nacional 2022**: Ano base 2021. Rio de Janeiro : EPE, 2022. 264p.

EPE - Empresa de Pesquisa Energética, 2022a. **Atlas da Eficiência Energética Brasil | 2021**. Disponível em: https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-651/Atlas2021_PT_2022_02_04.pdf . Acesso em: 11 de Novembro de 2022.

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

SUSTENTARE & WIPIS 2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

22/11 evento
23/11 100% online
24/11 e gratuito

IEA, 2023. Buildings. Disponível em: <https://www.iea.org/energy-system/buildings>. Acesso em: 20 out. 2023.

SLABE-ERKER, Renata et al. Energy efficiency in residential and non-residential buildings: Short-term macroeconomic implications. **Building and Environment**, v. 222, p. 109364, 2022.

SUN, Maoran et al. Understanding building energy efficiency with administrative and emerging urban big data by deep learning in Glasgow. **Energy and Buildings**, v. 273, p. 112331, 2022.

ZHENG, Xing; CHEN, Liutao; YANG, Jiachuan. Simulation framework for early design guidance of urban streets to improve outdoor thermal comfort and building energy efficiency in summer. **Building and Environment**, v. 228, p. 109815, 2023.