

Produto elaborado para:

Secretaria Nacional de Habitação/ Ministério do Desenvolvimento Regional

Cooperação Alemã para o Desenvolvimento Sustentável

Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Produto 1 – Plano de trabalho: Preparação, estruturação e revisão literária

Elaborado por:

lab**EEE**

Roberto Lamberts
Ana Paula Melo
Maria Andrea Triana
Letícia Gabriela Eli
Amanda Fraga Krelling

PRODUTO 1 – PLANO DE TRABALHO

Produto Elaborado para:

Secretaria Nacional de Habitação/ Ministério do Desenvolvimento Regional

Cooperação Alemã para o Desenvolvimento Sustentável

Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Elaborado por: Laboratório de Eficiência Energética em Edificações

Autores: Roberto Lamberts
Ana Paula Melo
Maria Andrea Triana
Letícia Gabriela Eli
Amanda Fraga Krelling

Esse documento foi elaborado no âmbito do projeto Eficiência Energética para o Desenvolvimento Urbano Sustentável (EEDUS), resultado de uma articulação bilateral entre os governos do Brasil e da Alemanha. O projeto EEDUS envolve diretamente a *Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit* (GIZ) GmbH, agência executora da Cooperação Alemã para o Desenvolvimento Sustentável e os nomes dos parceiros governamentais brasileiros, bem como outros parceiros institucionais.

Coordenação: Daniel Wagner (GIZ),
Philipp Höppner (GIZ).

Fevereiro 2020

Informações Legais

1. Todas as indicações, dados e resultados deste estudo foram compilados e cuidadosamente revisados pelo(s) autor(es). No entanto, erros com relação ao conteúdo não podem ser evitados. Consequentemente, nem a GIZ ou o(s) autor(es) podem ser responsabilizados por qualquer reivindicação, perda ou prejuízo direto ou indireto resultante do uso ou confiança depositada sobre as informações contidas neste estudo, ou direta ou indiretamente resultante dos erros, imprecisões ou omissões de informações neste estudo.

2. A duplicação ou reprodução de todo ou partes do estudo (incluindo a transferência de dados para sistemas de armazenamento de mídia) e distribuição para fins não comerciais é permitida, desde que a GIZ seja citada como fonte da informação. Para outros usos comerciais, incluindo duplicação, reprodução ou distribuição de todo ou partes deste estudo, é necessário o consentimento escrito da GIZ.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	6
2	DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES	7
2.1	PRODUTO I. PLANO DE TRABALHO – Preparação, estruturação e revisão literária (Tarefa I)	7
2.2	PRODUTO II. DEFINIÇÃO DE 3 “UNIDADES-BASE” HABITACIONAIS, E DEFINIÇÃO DE LINHAS DE BASE SIMULADAS DE DESEMPENHO TÉRMICO E ENERGÉTICO	8
2.2.1	DEFINIÇÃO DE 3 “UNIDADES-BASE” HABITACIONAIS (Tarefa II)	8
2.2.2	DEFINIÇÃO DE LINHAS DE BASE SIMULADAS DE DESEMPENHO TÉRMICO E ENERGÉTICO (Tarefa III)	12
2.3	PRODUTO III. APLICAÇÃO DE PARÂMETROS RELEVANTES A EE NAS 3 “UNIDADES-BASE”, E ESTUDO PARAMÉTRICO DE DESEMPENHO TÉRMICO E ENERGÉTICO	13
2.3.1	APLICAÇÃO DE PARÂMETROS RELEVANTES A EE NAS 3 “UNIDADES-BASE” (Tarefa IV)	13
2.3.2	ESTUDO PARAMÉTRICO DE DESEMPENHO TÉRMICO E ENERGÉTICO (Tarefa V)	14
2.4	PRODUTO IV. ESTUDO DE CUSTO DE IMPLEMENTAÇÃO DE MELHORIAS, E PRODUTO V. ANÁLISE DE CUSTO/BENEFÍCIO DE PARÂMETROS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM HIS	14
2.5	CRONOGRAMA DE ENTREGA	16
3	REVISÃO LITERÁRIA	17
3.1	LEITURA E ANÁLISE CRÍTICA DAS NORMATIVAS VIGENTES RELEVANTES SOBRE PRODUÇÃO HABITACIONAL FEDERAL	17
3.2	PROGRAMA BRASILEIRO DA QUALIDADE E PRODUTIVIDADE DO HABITAT (PBQP-H)	24
3.3	INCENTIVO AO USO DE RENOVÁVEIS	28
3.4	PROGRAMA DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DA ANEEL	30
3.5	A NBR 15220 e NBR 15575	33
3.6	SELO CASA AZUL DA CAIXA	43
4	REFERÊNCIA	44

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 Casa térrea.....	10
Figura 2.2 Edifício multifamiliar.....	11
Figura 2.3 Casa geminada.....	12
Figura 3.1– Evolução da potência instalada em MW até 23/05/2017.....	29
Figura 3.2 – Classes de consumo dos consumidores até 23/05/2017.....	29
Figura 3.3 – Projeção da potência instalada por setor.....	30
Figura 3.4 – Projeção da potência instalada por setor.....	31
Figura 3.5 – Projeção da potência instalada por setor.....	32
Figura 3.6 – Relação de Projetos de Eficiência Energética na tipologia baixa renda.....	32
Figura 3.7 – Domicílios com condicionador de ar no Brasil e regiões (em %).....	35
Figura 3.8 – Consumo de energia elétrica por equipamento residencial.....	38
Figura 3.9 – Padrão nacional de uso de lâmpadas em dormitórios.....	39
Figura 3.10 – Padrão nacional de uso de lâmpadas em salas.....	40
Figura 3.11 – Padrão nacional de uso de televisores.....	40

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 – Fases e etapas da avaliação econômica.....	15
Tabela 2.2 – Componentes considerados.....	16
Tabela 2.5 – Cronograma.....	17
Tabela 3.1 – Normativas que contem especificações mínimas para as unidades habitacionais (UHS).....	18
Tabela 3.2 – Itens da Portaria Nº 660 relacionados com eficiência energética.....	20
Tabela 3.3 – DATecs vigentes considerando o ano 2020.....	26
Tabela 3.4 – Desconto conforme faixa de consumo para tarifa social.....	31
Tabela 3.5 – Comparativo entre o método em vigor e o método proposto para a avaliação de desempenho térmico da NBR 15575, por meio do Procedimento de Simulação Computacional.	42

1 INTRODUÇÃO

O projeto “Eficiência Energética no Desenvolvimento Urbano Sustentável, Foco: Habitação Social” (EEDUS) é uma parceria de cooperação técnica entre a GIZ e a Secretaria Nacional de Habitação (SNH) do Ministério das Cidades que tem como objetivo melhorar a eficiência energética em habitacionais de interesse social no Brasil, considerando principalmente as unidades habitacionais da Faixa 1 do “Programa Minha Casa, Minha Vida” (PMCMV). O projeto EEDUS tem três campos de atuação: Integração de critérios de eficiência energética nas diretrizes dos programas de habitação do governo federal; desenvolvimento de métodos, processos e instrumentos novos ou adaptados para o planejamento, a implementação e o monitoramento do programa e fortalecimento da base de conhecimentos e disponibilização de informações.

O projeto “**Análise de custo/benefício de parâmetros de eficiência energética em HIS**” é parte integrante do projeto de cooperação técnica e tem como objetivos específicos:

- a) Prover ao setor público, em especial a SNH e os seus agentes financeiros uma análise de dados técnicos e financeiros sobre melhorias viáveis do desempenho térmico e energético de unidades habitacionais no intuito de propor melhorias aos normativos e requisitos mínimos de programas públicos de habitação de interesse social;
- b) Servir de guia, para gestores públicos, projetistas e construtores privados, sobre medidas de eficiência energética, desempenho térmico e conforto ambiental nas habitações considerando o seu custo total e ambiental e análise de ciclo de vida (ACV) com diferenças regionais;
- c) Sensibilizar governos locais e o setor privado da importância da eficiência energética na habitação;
- d) Possibilitar melhoria do nível de eficiência energética nas habitações através de programas públicos de provisão habitacional; e
- e) Incentivar a adoção de soluções e processos inovadores na construção de habitação de interesse social pelo setor privado; e na gestão de políticas públicas de produção habitacional no governo federal e no setor público em geral.

Este documento apresenta a entrega do Produto I – *Plano de trabalho: Preparação, estruturação e revisão literária* do projeto “**Análise de custo/benefício de parâmetros de eficiência energética em HIS**”. Como ponto de partida foi realizada uma leitura e análise crítica das normativas vigentes relevantes que versam sobre a produção habitacional federal. Primeiramente, adotou-se como referência o relatório “Evolução Normativa do PMCMV relativa a aspectos de eficiência energética” (BRASIL; GIZ; MITSIDI, 2019a), que contém um levantamento histórico das Normativas relacionadas ao Programa Minha Casa Minha Vida (PMCMV), das portarias da Secretaria Nacional de Habitação – SNH e as regulamentações e normas citadas nestas portarias. Posteriormente, foram analisadas as resoluções de outros órgãos como a ANEEL, a NBR 15575, o Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat (PBPQ-H), o PBE Edifica e o Selo Casa Azul da Caixa.

Ao total, serão realizadas a entrega de cinco produtos:

Produto I – Plano de trabalho: Preparação, estruturação e revisão literária (Tarefa I);

Produto II – Definição de 3 unidades-base habitacionais (Tarefa II), e Definição de linhas de base simuladas de desempenho térmico e energético (Tarefa III);

Produto III - Aplicação de parâmetros relevantes a eficiência energética nas 3 “unidades-base” (Tarefa IV), e Estudo paramétrico de desempenho térmico e energético (Tarefa V);

Produto IV - Estudo de custo de implementação de melhorias (Tarefa VI);

Produto V - Análise de custo/benefício de parâmetros de eficiência energética em HIS (Tarefa VII).

2 DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES

Neste documento será apresentado, inicialmente, o plano de trabalho proposto no projeto “*Análise de custo/benefício de parâmetros de eficiência energética em HIS*”, ressaltando cada um dos produtos a serem entregues com os seus objetivos, metodologia abordada e resultados esperados. Na segunda parte será mostrada a revisão de literatura que abordou diversas normativas relacionadas ao PMCMV.

2.1 PRODUTO I. PLANO DE TRABALHO – Preparação, estruturação e revisão literária (Tarefa I)

Este produto abarca o plano de trabalho previsto para todo o projeto, assim como a revisão literária. Como base na revisão literária sobre as normativas vigentes relevantes que versam sobre a produção habitacional federal, foi realizada uma revisão do estado da arte com relação às normativas do PMCMV (Programa Minha Casa Minha Vida) relativa à aspectos de eficiência energética. A revisão teve como foco abordar as regulamentações e normas que se referem ao desempenho térmico de edificações. Ressalta-se a análise em maior profundidade dada à ABNT NBR 15575 (2013)– Desempenho de edificações habitacionais - nos critérios de desempenho térmico, pois é uma exigência nas edificações residenciais, sendo também incluído como requisito no PMCMV. É importante destacar que a NBR 15575 (ABNT, 2005) está em consulta pública, onde estão sendo avaliados novos critérios para a avaliação da envoltória das unidades habitacionais autônomas (UHS) e das unidades habitacionais em edificações multifamiliares. O intuito da nova proposta de avaliação é uma melhoria com relação às limitações da versão atual. A nova proposta de avaliação do desempenho térmico de edificações habitacionais está sendo desenvolvida pelo Comitê Brasileiro da Construção Civil – Comissão de Estudos CE-002:136.001, com a coordenação do Professor Roberto Lamberts, e considera-se um avanço na metodologia de avaliação com relação à versão atual.

Como resultado do Produto I (Tarefa I), é apresentada uma revisão bibliográfica com análise crítica das normativas vigentes relacionadas ao tema do trabalho abordado, apresentando um panorama das políticas de eficiência energética aplicadas, abrangendo as formas como algumas economias mantêm controle sobre o desempenho energético do setor de edificações, as estratégias de regulamentação, financiamento e incentivos. Dentre as regulamentações e normas abordadas, destacam-se além da norma de desempenho NBR 15575, o Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat (PBPQ-H), o Selo Azul da Caixa e o PBE Edifica.

2.2 PRODUTO II. DEFINIÇÃO DE 3 “UNIDADES-BASE” HABITACIONAIS, E DEFINIÇÃO DE LINHAS DE BASE SIMULADAS DE DESEMPENHO TÉRMICO E ENERGÉTICO

2.2.1 DEFINIÇÃO DE 3 “UNIDADES-BASE” HABITACIONAIS (Tarefa II)

Para as unidades-base habitacionais consideradas para o estudo serão adotados os projetos representativos definidos na pesquisa de Triana Montes (2016) “*Abordagem integrada no ciclo de vida de habitação de interesse social considerando mudanças climáticas*”.

Os projetos representativos foram definidos por faixa de renda após análise da autora de 108 projetos do PMCMV em todas as regiões do país. Conforme Triana, Lamberts e Sassi (2015) e Triana Montes (2016) para a criação dos projetos representativos foram estimados dois níveis de faixa de renda: o nível 1 continha projetos destinados à faixa 1 do PMCMV e o nível 2 projetos destinados às faixas 2 e 3 do Programa. Esta divisão foi realizada porque foi constatado que os projetos das faixas 2 e 3 tinham poucas diferenças significativas entre si com relação aos parâmetros da envoltória do projeto. A estimativa dos projetos representativos do nível 1 (faixa 1) foi realizada em função de 2 amostras. A primeira referiu-se a uma identificação visual das principais tipologias (foi considerada a mais representativa no empreendimento) presentes nos projetos contratados pelo PMCMV para a faixa 1 desde o início do programa até final de abril de 2014. A identificação dos projetos foi obtida por meio da lista divulgada pelo site da CAIXA. A segunda amostra foi constituída por meio de projetos destinados à faixa 1, desenvolvidos por companhias de habitação, municipalidades e construtoras atuantes no programa de diversas regiões do país. Para a primeira amostra foram buscadas informações de projetos contratados nos anos 2013 e 2014 para considerar que eram projetos com exigências mais atuais do programa no tempo da pesquisa. Para 2013 foram selecionados projetos urbanos com número maior de unidades a ser entregues, sendo com 1.000 ou mais unidades, por considerar-se mais representativos, tendo-se um total de 51 projetos levantados. Para o ano de 2014, foram considerados projetos com 300 unidades ou mais, em razão da amostra considerar projetos somente até o mês de abril, sendo um total de 40 projetos levantados. Ao todo 91 projetos constituíram a amostra 1, dos quais foi possível a identificação visual das principais tipologias presentes em 47 deles com um total de 54.591 unidades. As tipologias identificadas com maior frequência de ocorrência nessa amostra foram de casas isoladas unifamiliares (35%) e de edifícios multifamiliares em formato H de 4 e 5 pavimentos (29%). As tipologias de casa geminada térrea e casa sobreposta de 2 andares ficaram cada uma em torno de 10%. A amostra 1 deixou em evidência resultados por região onde a tipologia unifamiliar isolada com presença em todas as regiões foi mais significativa nas regiões Nordeste e Norte; a casa geminada térrea teve presença em todas as regiões menos na Norte, com destaque na região Sudeste; a casa sobreposta somente estava presente nas regiões centro-oeste e Nordeste, com amplo destaque no Nordeste, e o edifício multifamiliar com planta em H teve destaque nas regiões Nordeste e Sudeste. A amostra 2 consistiu em 29 projetos com especificações em detalhes, sendo 16 de oito companhias de habitação que representavam todas as e 13 projetos de construtoras atuantes no programa e municipalidades. Os projetos da amostra 2 abarcaram todas as oito zonas bioclimáticas do Brasil. Nos projetos das companhias de habitação a tipologia mais presente foi novamente a casa unifamiliar isolada e, a casa geminada térrea. Nos projetos fornecidos pelas construtoras as tipologias mais predominantes foram a casa geminada térrea e o edifício multifamiliar com planta em formato H de 4 ou 5 pavimentos. Considerando-se as duas amostras, os autores consideraram os projetos representativos para a faixa 1 como sendo, a casa unifamiliar isolada, casa geminada térrea e o edifício multifamiliar de 4 ou 5 pavimentos com planta em H. Os projetos representativos do PMCMV

adotados no estudo foram estabelecidos com o objetivo de identificar e definir as características das principais tipologias que estão sendo construídas dentro do Programa, definindo um panorama atual com relação ao desempenho termoenergético das edificações do setor e servindo como base para trabalhos na área de eficiência energética para o setor (TRIANA, LAMBERTS e SASSI (2015) e TRIANA MONTES (2016)). Ressalta-se que esses projetos representativos são utilizados por outros pesquisadores para análises relacionadas à eficiência energética no setor de HIS no Brasil.

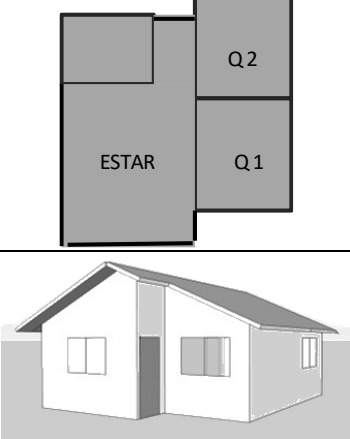
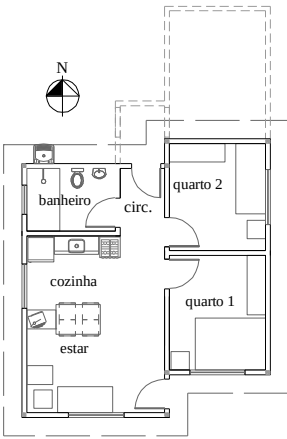
Na tese de Triana Montes (2016), a casa geminada apresentou maior relevância com relação à casa sobreposta. Porém, com base no documento "Metodologia para Elaboração do Mapa de Tipologias e Sistemas Construtivos" (BRASIL, GIZ, MITSIDI, 2019b) e a planilha com o banco de dados da SNH, observou-se que a tipologia casa geminada apresentou menos relevância quando comparada à casa sobreposta. Analisando o banco dados da SNH, nota-se que a tipologia casa geminada é considerada dentro da tipologia casa unifamiliar, não destacando a sua importância. Também se destaca que conforme essas duas fontes, os projetos do PMCMV contratados até 2013 constituem 90% do total de projetos contratados até 2018 pelo programa, considerando-se desta forma como sendo atual a referência que está sendo adotada para este estudo para os projetos representativos do PMCMV.

Conforme exposto anteriormente, no total, serão analisadas 03 tipologias: casa unifamiliar térrea, edifício de planta "H", e casa geminada, sendo assumidas para este estudo como edificações representativas da faixa 1 do PMCMV.

Os projetos representativos levantados por Triana Montes (2016), e suas respectivas características construtivas estão descritas na Figura 2.1 (Casa térrea), Figura 2.2 (Edifício multifamiliar em formato H), e Figura 2.3 (casa geminada).

Destaca-se que para todas as tipologias adotadas serão observadas as especificações mínimas de acordo com a Portaria Nº 660 de 14 de novembro de 2018, que dispõe sobre as diretrizes para a elaboração de projetos e estabelece as especificações técnicas mínimas da unidade habitacional e as especificações urbanísticas dos empreendimentos destinados à aquisição e alienação com recursos advindos da integralização de cotas no Fundo de Arrendamento Residencial - FAR, e contratação de operações com recursos transferidos ao Fundo de Desenvolvimento Social - FDS, no âmbito do Programa Minha Casa, Minha Vida – PMCMV.

Figura 2.1 Casa térrea.

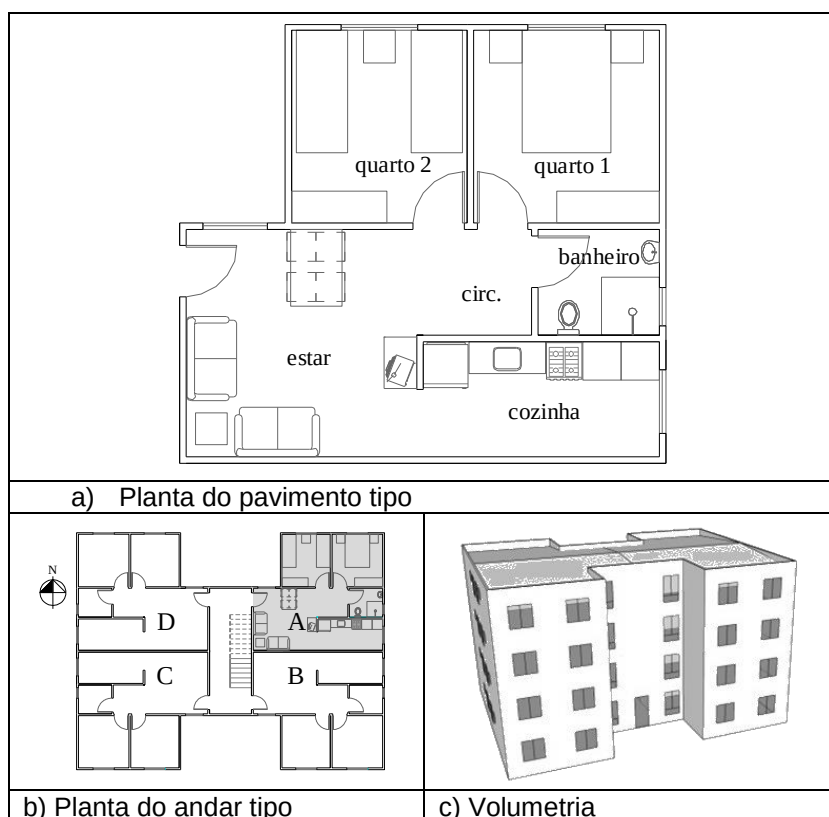
–Ventilação cruzada; –Beiral: 50 cm; –Pé-direito: 2,50 m –Chuveiro elétrico para aquecimento de água, considerando potência do equipamento > 4.600 W; –Possibilidade de extensão de um quarto e circulação; –Sem área de convivência externa; –Área de serviço externa; –Piso: piso cerâmico 1 cm + 2 cm argamassa de regularização + 5 cm contrapiso + 3 cm colchão de brita; –Paredes: 13 cm (bloco de tijolo cerâmico 9x14x19 cm com reboco interno e externo) com Transmitância térmica (U) =2,43 W/m²K e Capacidade Térmica (Ct)=132 kJ/m²K, $\alpha =0,6$;	–Portas externas: 2 de 0,80x2,10 m, metálicas; –Portas internas: 0,80x2,10m, madeira; –Cobertura: 2 águas, telha cerâmica +ático forro em PVC. Inclinação de 23,6°. Estrutura do telhado em madeira, $U =1,75 \text{ W/m}^2\text{K}$, $Ct=21,4 \text{ kJ/m}^2\text{K}$, $\alpha =0,6$; –Janelas: sala de estar e quartos: 1,50 m², 2 folhas de correr, peitoril=1,10 m (FV=0,45,FI= 0,8); cozinha: 1,20 m², 2 folhas de correr (FV=0,45, FI=0,80); banheiro: 0,48 m², janela basculante com esquadria, peitoril=1,50 m, FV=0,90; FI= 0,65 – Janelas sem venezianas –Vidro: 4 mm transparente; –Esquadrias em alumínio ou aço.
	

Nota: FV=Fator de ventilação; e FI= Fator de iluminação.

Fonte: Triana Montes (2016)

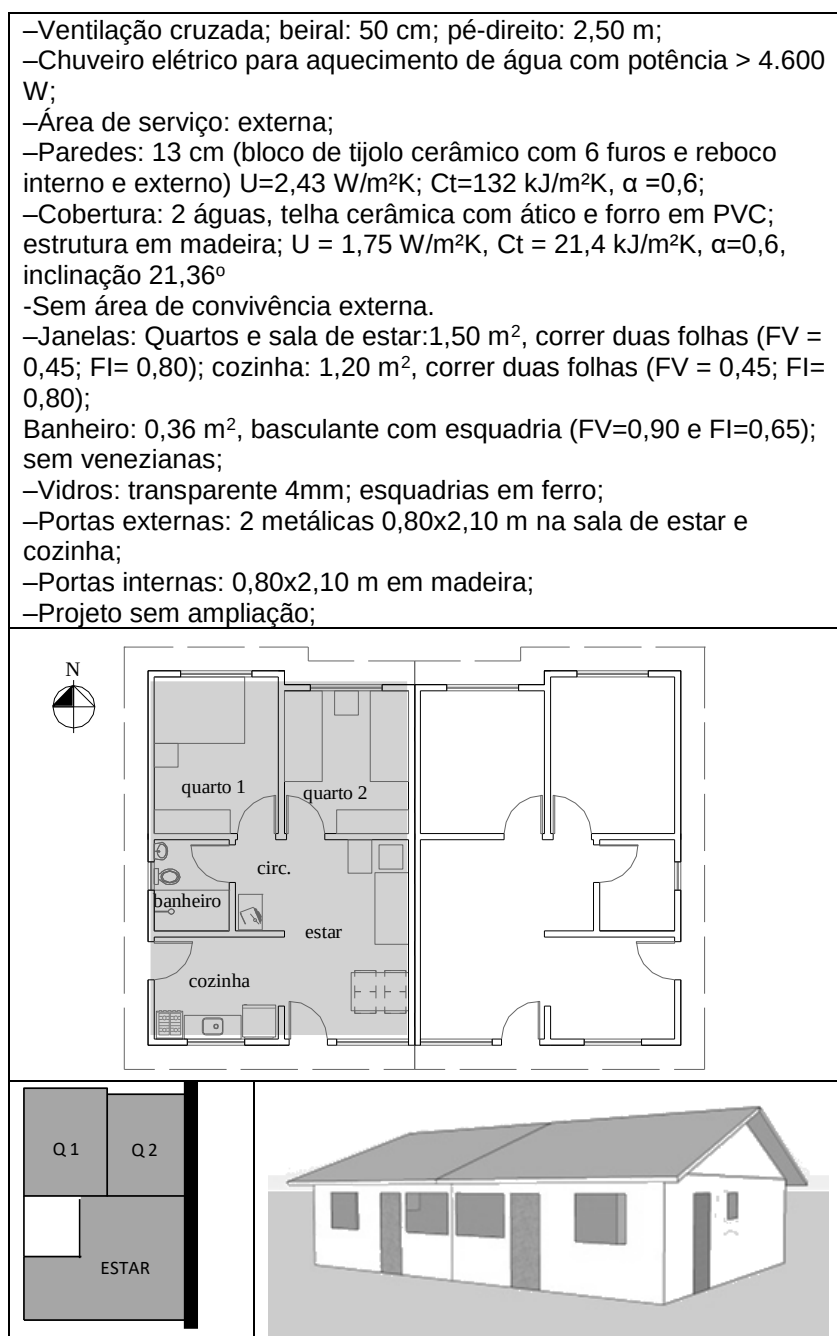
Figura 2.2 Edifício multifamiliar.

–Ventilação cruzada; pé-direito=2,50m; –Chuveiro elétrico para aquecimento de água com potência >4.600W; –Área de serviço integrada na cozinha; Sala de estar/jantar integrado; - Piso em cerâmica; –Paredes: painel de concreto 10 cm; $U = 4,4 \text{ W/m}^2\text{K}$; $C_t = 240 \text{ kJ/m}^2\text{K}$, $\alpha = 0,6$; –Cobertura: telhado em fibrocimento, 4 águas com inclinação média de $4,33^\circ$; estrutura metálica ático com forro de laje em concreto 10 cm; $U = 2,06 \text{ W/m}^2\text{K}$, $C_t = 233 \text{ kJ/m}^2\text{K}$, $\alpha = 0,7$	–Janelas: Quartos: $1,44 \text{ m}^2$, 2 folhas de correr ($FV = 0,45$; $FI = 0,8$); Sala de estar: $1,60 \text{ m}^2$ 2 folhas de correr com janela fixa embaixo ($FV = 0,375$; $FI = 0,8$); Cozinha: $1,20 \text{ m}^2$, 2 folhas de correr ($FV = 0,45$; $FI = 0,80$); Banheiro: $0,36 \text{ m}^2$, janela basculante, peitoril 1,50 m; -Janelas sem venezianas; –Vidros: transparente 4 mm; –Janelas em ferro ou alumínio; –Portas internas: $0,80 \times 2,10 \text{ cm}$ em madeira; -Sem acessibilidade; -Sem sacada;
--	--



Fonte: Triana Montes (2016)

Figura 2.3 Casa geminada.



Fonte: Triana Montes (2016)

2.2.2 DEFINIÇÃO DE LINHAS DE BASE SIMULADAS DE DESEMPENHO TÉRMICO E ENERGÉTICO (Tarefa III)

Nesta etapa serão colocadas as definições assumidas para simulação das três unidades-base consideradas para o estudo. As três tipologias serão analisadas para as cidades consideradas mais representativas de cada zona bioclimática brasileira, de acordo com a NBR 15220 (ABNT, 2005). As cidades consideradas para o estudo são Curitiba (Zona Bioclimática 01), Santa Maria (Zona

Bioclimática 02), Florianópolis (Zona Bioclimática 03), Uberlândia (Zona Bioclimática 04), Duque de Caxias (Zona Bioclimática 05), Itumbiara (Zona Bioclimática 06), Palmas (Zona Bioclimática 07), e São Luís (Zona Bioclimática 08). Destaca-se que estas cidades são as mesmas adotadas na proposta de consulta pública da NBR 15575.

As tipologias serão avaliadas por meio de simulação computacional, sendo que nesta etapa será definido o caso base para cada uma das tipologias. Para tanto são necessárias além das características do projeto, especificação de carga térmica interna e uso da edificação. Com base na nova proposta da NBR 15575 (ABNT, 2013)– Desempenho de edificações habitacionais, serão estabelecidos um número médio de usuários, a maneira de uso e interação com a unidade habitacional, equipamentos e sistema de iluminação, para a determinação do consumo médio de energia para cada unidade-base habitacional previamente estabelecida.

Dessa forma, o caso base para cada tipologia será determinado pela definição do modelo das 3 unidades habitacionais com algumas configurações fixas tomadas com base nos modelos definidos por Triana, Lamberts e Sassi (2015) assim como nos parâmetros presentes na NBR 15575. Será utilizado o programa de simulação computacional EnergyPlus versão 9.1.0 (ENERGY PLUS, 2019) para a realização das análises. Este programa atende aos requisitos mínimos da NBR 15575-1 em relação à ferramenta de simulação, além de ser um programa utilizado mundialmente para diversas finalidades visando melhorar o desempenho e a eficiência das edificações em geral.

2.3 PRODUTO III. APLICAÇÃO DE PARÂMETROS RELEVANTES A EE NAS 3 “UNIDADES-BASE”, E ESTUDO PARAMÉTRICO DE DESEMPENHO TÉRMICO E ENERGÉTICO

2.3.1 APLICAÇÃO DE PARÂMETROS RELEVANTES A EE NAS 3 “UNIDADES-BASE” (Tarefa IV)

Nas unidades-base habitacionais, serão analisadas diversas medidas de eficiência energética relacionadas à componentes e materiais da envoltória das edificações, para verificar a influência das medidas adotadas no desempenho térmico das unidades. A definição dos parâmetros tomara como base o estudo “Metodologia para um Mapa de Tipologias e Sistemas Construtivos do PMCMV” (BRASIL, GIZ, MITSIDI, 2019b), o trabalho realizado por Triana Montes (2016), assim como na avaliação de novos sistemas construtivos presentes no PBQP-H. Igualmente serão consideradas na avaliação outros parâmetros como, por exemplo a influência do entorno.

A definição das medidas de eficiência energética levará em consideração sistemas construtivos e materiais atuais e inovadores, com base em informações levantadas juntamente com o PBQP-H/SINAT que estão sendo considerados para o setor residencial. Dentre as medidas de eficiência energética que serão analisados para o desenvolvimento do estudo destacam-se: melhoria do desempenho térmico da envoltória, redução da radiação direta no verão, aumento da ventilação e redução do efeito da ilha de calor.

Nesta etapa também será realizada a análise da influência do contexto urbano nas unidades base, observando a influência do entorno nos resultados de carga térmica e percentual de horas ocupadas com temperatura dentro de uma faixa limite das tipologias analisadas, de acordo com a nova proposta da NBR 15575.

2.3.2 ESTUDO PARAMÉTRICO DE DESEMPENHO TÉRMICO E ENERGÉTICO (Tarefa V)

As estratégias de eficiência energética definidas na Tarefa IV serão aplicadas às três unidades base (tipologias) analisadas.

Todas as alterações serão realizadas nas três unidades habitacionais base e para todas as 8 zonas bioclimáticas da NBR 15220 (ABNT, 2005) substituindo os valores parametricamente inicialmente (alteração de 1 parâmetro por vez em cada caso simulado) e depois em conjunto (aplicação de várias estratégias de forma simultânea). Dessa forma, além da influência de cada dado de entrada no desempenho térmico da unidade habitacional, será também analisada a relevância da combinação dos principais parâmetros com o objetivo de estabelecer cenários que considerem a maior eficiência energética das unidades-base habitacionais. O número de simulações depende da definição do total de estratégias de eficiência energética definidas na Tarefa IV.

Os casos base assim como os modelos com a aplicação de estratégias de eficiência energética serão simulados em duas condições de operação. Com o uso de ventilação natural exclusivamente, e com o uso de ar condicionado em algumas horas e alguns ambientes, seguindo as diretrizes da metodologia nova da ABNT NBR 15575. Destaca-se a importância em analisar os modelos de simulação com base na nova proposta da norma, considerando, modelos com o uso da ventilação natural e modelos condicionados artificialmente, de forma a avaliar um condicionamento previsto para gerar conforto nos usuários. Na simulação com o uso da ventilação natural é determinado o percentual de horas ocupadas da unidade habitacional com temperatura operativa entre 18°C e 26°C ou entre 18°C e 28°C, dependendo da zona bioclimática analisada. Na simulação sem o uso da ventilação natural, é determinada a carga térmica integrada anual de refrigeração.

O total de simulações considera as três unidades-bases habitacionais e a variação de parâmetros relacionados a medidas de eficiência energética para 8 zonas bioclimáticas. Os dados de saída das simulações serão analisados por meio do Programa R (2019) e por scripts na linguagem Python (2019).

Com base nas análises dos resultados, serão selecionados um número de casos representativos, visando à melhoria de desempenho termo energético, para cada unidade habitacional e para cada zona bioclimática, para o desenvolvimento no Produto IV e V.

2.4 PRODUTO IV. ESTUDO DE CUSTO DE IMPLEMENTAÇÃO DE MELHORIAS, E PRODUTO V. ANÁLISE DE CUSTO/BENEFÍCIO DE PARÂMETROS DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM HIS

O custo de implantação das medidas de eficiência energética (Tarefa VI) será analisado em relação à Linha de Base (Produto II), considerando o aumento no custo da unidade habitacional tendo como base de análise o custo total no ciclo de vida (Tarefa VII). O levantamento do custo de implementação irá considerar a mudança na quantidade de materiais, tipo de materiais, mudança de áreas e medidas, novos aspectos operacionais e logísticos, nova necessidade de manutenção, e custos de mercado e sua regionalização.

A metodologia considerada para o desenvolvimento do Produto IV tomará como base a metodologia proposta por Triana Montes (2016). O estudo da autora propõe a avaliação do ciclo de vida das edificações considerando indicadores no aspecto ambiental, com emissões de CO₂; no aspecto econômico, com o custo no ciclo de vida; no aspecto energético, com o indicador de consumo

energético total no ciclo de vida e ainda considerando o desempenho térmico da edificação naturalmente ventilada com o indicador de horas de desconforto. Para tanto, e seguindo a metodologia da autora, será considerado o custo do investimento inicial, custo da energia operacional, custo da manutenção e custo da desconstrução (fases de pré-uso, uso e pós-uso). As fases e etapas que foram consideradas pela autora na avaliação econômica são conforme colocados na Tabela 2.1.

Tabela 2.1 – Fases e etapas previstas da avaliação econômica.

FASE	ETAPA	CUSTO
Pré-uso	Custo inicial dos materiais da obra	Custo do investimento inicial
	Custo do transporte dos materiais até o local	
	Custo dos materiais de desperdício	
	Custo do transporte do desperdício	
Uso	Custo do consumo previsto para condicionamento ambiental	Custo da energia operacional
	Custo do consumo de energia (eletrodomésticos/ iluminação)	
	Custo dos materiais para manutenção/reposição	Custo da manutenção
	Custo do transporte dos materiais de manutenção/reposição	
	Custo do desperdício dos materiais para manutenção/reposição	
	Custo no transporte do desperdício dos materiais de manutenção/reposição	
Pós-uso	Custo da desconstrução do edifício (demolição + transporte dos materiais de demolição)	Custo da desconstrução

Fonte: Triana Montes (2016)

Será adotada a metodologia com base em Triana Montes (2016), conforme descrito a seguir, com algumas modificações. Os custos dos materiais serão obtidos da base do SINAPI e quando não seja possível a obtenção dessa base, serão da TCPO ou obtidos com fornecedores. Os custos do SINAPI serão adotados por Estado, considerando a mediana de um mês escolhido como representativo. Os custos iniciais vão considerar material e mão de obra com base nas composições do SINAPI. Contudo, ressalta-se a necessidade de considerar estes custos em função de algum custo padrão que seja variável e reajustado mensalmente, se possível, como forma de que o poder público possa facilmente identificar os custos da unidade atualizados, sem depender de uma atualização da planilha do SINAPI que pode ser um trabalho muito dispendioso. Com relação ao transporte serão consideradas algumas modificações. Para os custos de transporte do material inicial e do material de manutenção/reposição é assumido que o valor do SINAPI já é estadual e, portanto, serão considerados desde o fabricante ou fornecedor, a depender do que seja mais usual conforme o produto. O custo do transporte do desperdício será considerado até o aterro. Os custos do transporte serão levantados com base na Associação Nacional do Transporte de Cargas e Logística. Para a fase de uso e pós-uso, os custos serão considerados com base no Valor Presente Líquido. Para a taxa de inflação será usado valor com base no Índice Nacional de Custos da Construção (INCC-DI). A taxa SELIC será adotada como a taxa de desconto e as tarifas de energia serão consideradas como os valores médios por Estado. A vida útil da edificação será considerada de 50 anos e os componentes considerados na análise serão conforme descritos na Tabela 2.2.

Tabela 2.2 – Componentes considerados.

COMPONENTES CONSIDERADOS	
Estrutura	Considerando a superestrutura: vigas, pilares, lajes; excluindo a fundação
Paredes	Paredes externas (inclui pintura quando necessário)
	Paredes internas (inclui pintura quando necessário)
Cobertura	Telhado
	Estrutura telhado
	Forro com estrutura para apoio (inclui pintura quando necessário)
Piso	Piso interno
	Laje de piso
Esquadrias	Portas (inclui pintura quando necessário)
	Janelas
	Vidros

Fonte: Com base em Triana Montes (2016)

A pintura será considerada já incluída nos componentes das paredes, coberturas ou portas quando necessário. Para o desperdício dos materiais iniciais e de manutenção/reposição será considerado que os valores já presentes nas composições do Sinapi incluem este desperdício, contudo e por ele não ser um valor explícito, para o transporte dos materiais de desperdício serão assumidos valores de desperdício de materiais, conforme dados da mediana dos indicadores globais de perdas por material com base em Agopyan (1998) e Agopyan et al. (2003). Para o transporte, será considerada quando possível a distância mediana entre três fabricantes por material até as cidades escolhidas. Valores para a vida útil da edificação e seus componentes serão com base na vida útil de projeto (VUP) da NBR 15575.

Na fase de uso, os custos para a energia operacional serão os adotados pelos resultados da simulação termenergética considerando as tarifas de energia para as cidades analisadas.

Os resultados possibilitarão a avaliação de impactos e benefícios com a aplicação de medidas de eficiência energética nas tipologias, analisando de forma simultânea os custos no ciclo de vida da edificação e seu desempenho térmico e energético.

No relatório final serão inseridas as conclusões do estudo, a partir das quais poderão ser dadas recomendações de melhoria do programa considerando as três tipologias analisadas nas diferentes zonas climáticas do país.

2.5 CRONOGRAMA DE ENTREGA

O estudo iniciou-se no dia 06/01/2020, com prazo estipulado para o término até final de 2020. As datas de entrega dos Produtos estão apresentadas na Tabela 2.3, assim como o prazo estipulado para a revisão dos documentos pela equipe da GIZ (2 semanas a partir da entrega do documento pela equipe do LabEEE) e para a revisão pela equipe do LabEEE (1 semana a partir da entrega do documento pela equipe da GIZ).

Tabela 2.3 – Cronograma.

PRODUTOS	ENTREGA LABEEE	REVISÃO GIZ	REVISÃO LABEEE
Produto 1	06/02/2020	20/02/2020	27/02/2020
Produto 2	20/02/2020	11/05/2020	18/05/2020
Produto 3	06/07/2020	13/07/2020	20/07/2020
<i>Relatório preliminar</i>	10/08/2020	17/08/2020	24/08/2020
Produto 4	05/10/2020	12/10/2020	19/10/2020
Produto 5	09/11/2020	16/11/2020	23/11/2020
<i>Relatório final</i>	23/11/2020	A definir	A definir

3 REVISÃO LITERÁRIA

3.1 LEITURA E ANÁLISE CRÍTICA DAS NORMATIVAS VIGENTES RELEVANTES SOBRE PRODUÇÃO HABITACIONAL FEDERAL

Em 2009 foi lançado pelo governo federal o Programa “Minha Casa Minha Vida” com o objetivo de suprir o déficit habitacional. O Programa se encontra na atualidade na sua terceira fase de implementação. O relatório “Evolução Normativa do PMCMV relativa a aspectos de Eficiência Energética” (BRASIL, GIZ, MITSIDI, 2019a) realizado em parceria entre a Secretaria Nacional de Habitação e a GIZ no âmbito do projeto “Eficiência Energética para o Desenvolvimento Urbano Sustentável” (EEDUS) mostra uma análise da evolução dos requisitos normativos do PMCMV, com foco nos critérios relacionados à eficiência energética e conforto ambiental, para financiamento por meio do Fundo de Arrendamento Residencial (FAR) e do Fundo de Desenvolvimento Social (FDS). O relatório incluiu a análise de aspectos positivos e dificuldades, com propostas de melhorias, assim como a análise de legislação municipal de sete cidades selecionadas em diferentes regiões do país. No relatório é apresentado o levantamento histórico das normativas do PMCMV fazendo distinção entre quais apresentam especificações mínimas para as unidades habitacionais e quais tem critérios para seleção de empreendimentos. Para o desenvolvimento deste projeto “Análise de custo/benefício de parâmetros de eficiência energética em HIS”, foram analisadas em maior profundidade as normativas em vigência que contém especificações para as unidades habitacionais (UH) conforme a Tabela 3.1.

A Portaria em vigência que determina as diretrizes para a elaboração de projetos estabelecendo especificações técnicas mínimas na unidade habitacional e de desenho urbano nos empreendimentos para recursos do FAR e FDS é a **Portaria Nº 660 de 14 de novembro de 2018**. Esta portaria revogou a **Portaria Nº 269, de 22 de março de 2017**, apresentando um importante avanço em diferentes questões. Porém, destaca-se que ainda não é possível mensurar o impacto dos avanços nos projetos em termos de aspectos relacionados a desempenho termo energético decorrentes da implementação das diretrizes impostas na Portaria Nº 660, por conta de ter sido implementada no final de 2018 e não se ter ainda acesso aos dados de 2019. Igualmente, uma das questões que se coloca como crítica para este tipo de avaliações é a necessidade de dados com relação ao desempenho térmico e energético dos projetos propostos para que seja visto de forma real os impactos, benefícios e até dificuldades de implementação das diretrizes impostas nas Portarias. Com relação a isso, coloca-se como sugestão que poderiam ser exigidos alguns dados na

entrega dos projetos para análise, entre os quais: tipologias ou tipologias existentes com %, com o nível do desempenho térmico alcançado pelas edificações com relação à ABNT NBR 15575 e método de avaliação usado.

Entre os itens levantados pela **Portaria Nº 660**, o loteamento é apresentado como forma preferencial de parcelamento e o projeto deve atender as Especificações para os Empreendimentos de Habitação de Interesse Social – HIS com base em quatro documentos que contém especificações mínimas para os projetos. Os documentos e as suas exigências são descritos a seguir, sendo apontadas as principais questões por eles levantadas com relação ao desempenho termo energético da edificação e eficiência energética, assim como barreiras ainda consideradas.

Tabela 3.1 – Normativas que contêm especificações mínimas para as unidades habitacionais (UHs).

PORTARIA	DATA	MODIFICA A PORTARIA	TEM ESPECIFICAÇÕES MÍNIMAS PARA AS UHs
Portaria Nº 660	14/11/2018	Revoga a Portaria Nº 269, de 22 de março de 2017.	Sim
Portaria Nº 643	13/11/2017	Revogados subitens 6.3.1, 6.3.1.1 e 6.3.1.2 do Anexo I da Portaria Nº 267, de 22/03/2017. Fica revogado o item referente ao Sistema de Aquecimento Solar (SAS) do Anexo II da Portaria Nº 269 de 22/03/2017	Sim
Portaria Nº 269	22/03/2017		Sim
Portaria Nº 146	26/04/2016	Revoga a Portaria Nº 465, de 03 de outubro de 2011 Revoga o Anexo IV da Portaria Nº 168, de 12 de abril de 2013	Sim
Portaria Nº 168	12/04/2013	Alterada pela Portaria Nº 79 de 9 de março de 2016	Sim
Instrução Normativa Nº 45	09/11/2012		Sim
Portaria Nº 465	03/10/2011		Sim
Portaria Nº 325	07/07/2011	Revoga a Portaria MCIDADES nº. 93/2010	Sim

O primeiro documento “Especificações de Desempenho nos Empreendimentos de HIS baseadas na ABNT NBR 15575 - Edificações Habitacionais – Desempenho” (BRASIL, MINCIDADES, SNH, 2018) orienta sobre os critérios que devem ser atendidos pelos projetos de HIS para estar em acordo com o ABNT NBR 15575 em função da especificação de materiais e sistemas com relação ao desempenho, sendo aplicado para todas as tipologias usadas em HIS, desde casas à edifícios. O

desempenho dos empreendimentos é colocado com base na ABNT NBR 15575 assim como ressalta a importância do Sistema Nacional de Avaliações Técnica de Produtos Inovadores e Sistemas Convencionais (SiNAT) do PBQP-H, considerando o atendimento às normas técnicas dos produtos e sistemas tanto por meio do Documento de Avaliação Técnica (DATec), para produtos inovadores ou pela Ficha de Avaliação de Desempenho (FAD) para produtos convencionais, emitidos por uma Instituição Técnica Avaliadora (ITA). Questões específicas somente são válidas caso não exista código de obras no município, valendo o que for mais restritivo. Com relação ao desempenho termo energético dos empreendimentos, considera-se o atendimento à ABNT NBR 15575 para os requisitos mínimos. Para o desempenho térmico, as fachadas devem atender aos limites de transmitância e capacidade térmica conforme a zona bioclimática. Coberturas também devem atender aos critérios mínimos de desempenho previstos na norma. É exigida a entrega de um manual de uso e operação no qual devem estar previstas manutenções preventivas dos sistemas e sugestões de compra de futuros equipamentos. Nesse sentido, deve constar no manual privilegiar a aquisição de equipamentos com Etiqueta Nacional de Conservação de Energia - ENCE nível A no PBE do INMETRO, no caso de sistemas de aquecimento de água que venham a ser instalados posteriormente à construção da edificação. Considera-se importante que o PMCMV, tome como base a norma de desempenho pois dessa forma, consegue atrelar de forma quantitativa e com base numa normativa nacional o desempenho das edificações. Contudo, a exigência do desempenho mínimo não garante conforto térmico dos usuários, o que pode acarretar o uso de condicionamento ambiental no futuro nas habitações. Dessa forma, seria importante garantir um desempenho além do mínimo para as habitações. Igualmente, a versão atual da norma de desempenho, em especial no método simplificado, desconsidera muitas questões importantes para um bom desempenho térmico e conforto dos usuários nas edificações. Por outro lado, atrelar o desempenho das habitações no PMCMV à NBR 15575 é uma oportunidade na medida em que a norma está sendo revisada e suprimindo várias inconsistências do método anterior. Porém, quando as habitações são pensadas para durar em torno de ao menos 50 anos, conforme requisito da NBR 15575, a exigência de um nível maior do que o mínimo continua sendo importante e uma oportunidade de resiliência para as habitações, em especial considerando mudanças climáticas com aumento de temperaturas, sendo previstas para ocorrer durante o seu ciclo de vida.

O segundo documento “Orientações ao proponente para aplicação das especificações de desempenho em empreendimentos de HIS” (BRASIL, MINCIDADES, SNH, 2015a) amplia questões apresentadas no primeiro documento e exhibe relação das normas brasileiras que incidem sobre os respectivos projetos, materiais, componente ou subsistemas, execução de serviços e controle tecnológico.

Por outro lado, o terceiro documento “Orientações ao agente financeiro para recebimento e análise dos projetos” (BRASIL, MINCIDADES, SNH, 2015b), mostra como deve ser o atendimento aos requisitos de desempenho da ABNT NBR 15575 de todos os atores da cadeia da construção civil, conforme definido na própria norma; fornece diretrizes com relação aos documentos necessários a serem apresentados e a sua forma de avaliação. Questões de desempenho são auto declaratórias devendo ser apresentado o atendimento aos itens. Destaca-se que está prevista uma verificação detalhada dos requisitos pelo agente financeiro com relação ao atendimento dos itens.

Por último, o quarto documento “Catálogo de Desempenho de Subsistemas”¹ refere-se ao catálogo de desempenho de sistemas convencionais. O documento apresenta o uso das fichas técnicas para orientar na escolha dos sistemas, subsistemas e elementos construtivos que atendam aos requisitos de desempenho da ABNT NBR 15575.

O anexo II da **Portaria Nº 660** traz as especificações mínimas das unidades habitacionais, porém conforme mencionado, é imprescindível o atendimento à ABNT NBR 15.575, às Normas Técnicas da ABNT de processos e produtos, e à legislação municipal e estadual apropriada. Levantam-se e são analisados aqui os principais pontos abordados pela **Portaria Nº 660** para as unidades habitacionais, que estão relacionados com aspectos de desempenho térmico e eficiência energética (Tabela 3.2).

Tabela 3.2 – Itens da Portaria Nº 660 relacionados com eficiência energética.

ITENS	CRITÉRIOS	
Área útil mínima da UH	Casas: 36,00 m², se área de serviço for externa,	Apartamento/casa sobreposta: 39,00 m².
	Casas: 38,00 m², se área de serviço for interna.	
Programa mínimo da UH	Sala + 1 dormitório casal + 1 dormitório para duas pessoas + cozinha + área de serviço + banheiro. Dimensões dos ambientes em função do mobiliário e circulação	
Pé-direito mínimo	Pé-direito mínimo de 2,50 m, admitindo-se 2,30 m no banheiro	
Ampliação - casas	Unidade habitacional deve possibilitar futura ampliação sem prejuízo das condições de iluminação e ventilação natural dos cômodos pré-existent	
Elevador	Para edificação acima de dois pavimentos, deve ser previsto e indicado na planta o espaço destinado ao elevador e informado no manual do proprietário.	
Ventilação	Ventilação cruzada: Em unidades localizadas nas zonas bioclimáticas 7 e 8, garantia de ventilação cruzada em unidades unifamiliares (escoamento de ar entre pelo menos duas fachadas diferentes, opostas ou adjacentes). Recomendada em unidades multifamiliares.	
	Ventilação Noturna: Em unidades localizadas nas zonas bioclimáticas 7 e 8, garantia de ventilação noturna com segurança em ambientes de longa permanência (dormitórios e sala) de unidades uni e multifamiliares.	
Sistemas de Cobertura	Comprovação do atendimento à ABNT NBR 15.575 por meio da Ficha de Avaliação de Desempenho (FAD) do SiNAT do PBQP-H. Para desempenho térmico comprovação do atendimento aos limites de transmitância térmica.	
	Vedado o uso de estrutura metálica quando o empreendimento estiver localizado em regiões litorâneas ou em ambientes agressivos a esse material.	
	No caso de área de serviço externa, a cobertura deverá ser em toda a área, nas mesmas especificações da UH, facultado o uso de laje.	
Sistemas de Vedação Vertical	A comprovação do atendimento à ABNT NBR 15.575 se dará por meio de FAD do SiNAT do PBQP-H.	
	Sistemas de Vedação Vertical Externas: Unidades localizadas nas zonas bioclimáticas 3 a 8 pintura das paredes externas ou acabamentos externos predominantemente em cores claras (absortância solar abaixo de 0,4). Cores escuras admitidas em detalhes.	
	Revestimento em concreto regularizado e plano, ou chapisco e massa única ou emboço e reboco, adequados para o acabamento final em pintura. Para desempenho térmico comprovação do atendimento aos limites de transmitância e capacidade térmica.	

¹ http://app.cidades.gov.br/catalogo/_catalogos/documentos/Desempenho_Documento_4.pdf

	Sistemas de Vedação Vertical Interna: Revestimentos internos e de áreas comuns gesso ou chapisco e massa única ou em emboço e reboco, ou ainda em concreto regularizado e plano, adequados para o acabamento final em pintura.
Esquadrias	Portas de acesso e internas em madeira. Em regiões litorâneas ou meio agressivo, admite-se porta de acesso em aço ou alumínio, desde que não possuam vidros em altura inferior à 1,10 m em relação ao piso acabado.
	Vão livre entre batentes de 0,80 m x 2,10 m em todas as portas.
	Previsão de área de aproximação para abertura das portas de acesso (0,60 m interno e 0,30 m externo).
	Tipologia de casa: prever ao menos duas portas de acesso, sendo 01 na sala para acesso principal e outra na cozinha/área de serviço.
	Vedada a utilização de aço em regiões litorâneas. Em regiões litorâneas ou meio agressivo, admitem-se janelas em madeira, PVC ou alumínio.
	Vedado o uso de cobogós em substituição às janelas.
	Em todas as zonas bioclimáticas as esquadrias de dormitórios devem ser dotadas de mecanismo que permita o escurecimento do ambiente com garantia de ventilação natural. Este mecanismo deve possibilitar a abertura da janela para a entrada de luz natural quando desejado.
	Em unidades localizadas nas zonas bioclimáticas 7 e 8 as aberturas da sala deverão prever recurso de sombreamento (veneziana, varanda, brise, beiral, anteparo ou equivalente).
Sistemas de Piso	A comprovação do atendimento à ABNT NBR 15.575 se dará por meio de FAD do SiNAT do PBQP-H.
Pontos de tomadas elétricas	Mínimo 4 na sala, 4 na cozinha, 2 na área de serviço, 2 em cada dormitório, 1 tomada no banheiro e mais 1 ponto elétrico para chuveiro. Prever ponto específico para máquina de lavar roupa.
Pontos de iluminação nas áreas comuns	Instalar luminária completa e com lâmpadas fluorescentes com Selo Procel ou ENCE nível A no PBE para as áreas de uso comum.
	Instalação de sistema automático de acionamento das lâmpadas - minuteria ou sensor de presença - em ambientes de permanência temporária
Sistemas Inovadores	Serão aceitas tecnologias inovadoras de construção homologadas pelo SiNAT desde que tenham DATec vigente, no âmbito do SiNAT do PBQP-H.
Sistema de Aquecimento Solar (SAS)	Conforme disposto na Portaria Nº 643 de 13 de novembro de 2017 .

Alguns critérios colocados no Anexo II da **Portaria Nº 660** merecem destaque sendo vistos como muito positivos, em especial os relacionados aos requisitos colocados para o sombreamento das esquadrias. O primeiro critério coloca como obrigatório nas esquadrias nos dormitórios em todas as zonas bioclimáticas, ter um mecanismo que permita o escurecimento do ambiente com possibilidade de ventilação e iluminação natural. Isso induz ao uso de elementos tipo venezianas, os quais são muito efetivos para controle do ganho de calor solar em cidades com verão expressivo, o que acontece na maior parte do território nacional. O segundo critério mencionado no Anexo II é a obrigatoriedade de sombreamento nos ambientes de sala nas zonas bioclimáticas 7 e 8, igualmente considerado importante e benéfico para o desempenho térmico das edificações nessas zonas bioclimáticas. As exigências relacionadas ao sombreamento das esquadrias representaram um avanço importante da **Portaria Nº 660**, por ser uma estratégia significativa para a melhoria do desempenho nas habitações, e que ainda não está sendo exigida na atual versão da NBR 15575. Outras questões mencionadas no Anexo II que também merece destaque é o incentivo ao predomínio por cores claras nos sistemas de vedação externos.

Com relação ao desempenho termo energético das unidades habitacionais destaca-se também que a **Portaria Nº 660** menciona que “o projeto do empreendimento deve adotar estratégias para proporcionar melhores condições de conforto ambiental térmico, de acordo com as condições climáticas e características físicas e geográficas à zona bioclimática do sítio físico selecionado e seu entorno” (BRASIL, MINCIDADES, 2018). Entretanto, nota-se que além das questões com relação à norma de desempenho ABNT NBR 15575 e os requisitos colocados no Anexo II, não menciona questões mais aprofundadas a respeito deste tema.

Também, com os critérios elencados no Anexo II notam-se parâmetros aplicados de forma similar para habitações em todo o país. As diferenças em requisitos com relação ao desempenho da edificação ficam por conta dos critérios presentes na NBR 15575 para cada zona bioclimática. Contudo, critérios como pé direito das habitações poderiam ter diferenças por zona bioclimática, com regiões como Norte e Nordeste onde estratégias para verão são necessárias o ano todo e, portanto, pé direitos mais altos podem ser importantes.

Com relação ao critério da “unidade habitacional possibilitar futura ampliação sem prejuízo das condições de iluminação e ventilação natural dos cômodos pré-existent” não fica claro como deve ser realizada a avaliação disso nos projetos. Se os projetos considerando a ampliação futura também devem apresentar avaliação do desempenho térmico e lumínico pela NBR 15575, e ainda como é verificada o atendimento à condição de manutenção da ventilação natural na unidade. Igualmente não fica claro, se o requisito exige ventilação cruzada. E de forma geral, para o atendimento à ventilação cruzada exigida somente nas zonas bioclimáticas 7 e 8, não é colocada qual a forma de avaliação, assim como para a ventilação noturna.

Para equipamentos, com relação ao uso do elevador, podem ter-se exigências que garantam a eficiência energética do mesmo. Para iluminação, requisitos que considerem o uso de lâmpadas com Selo Procel são importantes, contudo, pode ser deixado a possibilidade do uso de tecnologias mais eficientes do que a fluorescente compacta, considerando o custo no ciclo de vida dos equipamentos.

Com relação à eficiência energética e às energias renováveis, a **Portaria Nº 660** considera que “o projeto do empreendimento deverá prever estratégias para a redução do consumo de energia e propiciar, quando possível, a utilização de fontes renováveis de energia” (BRASIL, MINCIDADES, 2018), no entanto, ao igual que nos aspectos relacionados ao conforto e desempenho térmico não entra em questões mais aprofundadas. Conforme o Anexo II, os critérios para aplicação do Sistema de Aquecimento Solar (SAS) são dados conforme a **Portaria Nº 643** de 13 de novembro de 2017. De outro lado, o Anexo III da **Portaria Nº 660** aborda questões relacionadas às especificações urbanísticas dos empreendimentos e o Anexo IV da mesma Portaria aborda as Orientações para a elaboração do Relatório de Diagnóstico da Demanda por Equipamentos e Serviços Públicos e Urbanos (RDD) e da matriz de responsabilidade.

De forma geral, observa-se um avanço importante na **Portaria No 660** frente aos critérios mínimos exigidos nas fases anteriores do Programa MCMV, em especial na área de desenho urbano.

A **Portaria Nº 643** de 13 de novembro de 2017 abordou as condições para a provisão de sistemas alternativos de geração de energia para empreendimentos destinados à aquisição e alienação com recursos, e do FDS no âmbito do PMCMV. Considerando como fontes renováveis: energia de biomassa; energia eólica; energia solar; energia oceânica; e outras que venham a integrar o Sistema Elétrico Brasileiro. E como sistemas de geração de energia solar: sistema de aquecimento de água

(SAS) e Sistema Fotovoltaico (SFV). A **Portaria No 643** definiu as condições de uso e incentivo aos sistemas alternativos de energia e considerou um aumento no valor dado para o custo da casa pelo PMCMV de R\$ 3.000 para instalação do sistema de energia solar ou outro de fonte renovável. Sendo nas regiões Norte e Nordeste opcional a instalação de sistema de geração de energia solar na tipologia casa, mas nas demais regiões obrigatórias. O mesmo incentivo pode ser obtido para edificações multifamiliares que instalem sistemas para fornecimento de energia nas suas áreas de uso comum. Com relação ao sistema de aquecimento solar (SAS), o Anexo I da **Portaria No 643** apresenta os requisitos necessários e destaca a previsão de sistema de aquecimento auxiliar. Porém, proíbe o uso de resistência elétrica e estabelece o reservatório térmico com capacidade nominal de 200 litros. Os equipamentos devem ser etiquetados pelo Inmetro, onde o coletor solar deve apresentar Etiqueta Nacional de Conservação de Energia - ENCE Nível A ou B do Programa Brasileiro de Etiquetagem – PBE, e Produção Média Mensal de Energia (PME) maior ou igual a 150 kWh/mês nas regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste e 120 kWh/mês nas regiões Norte e Nordeste. Com relação a esta Portaria, critérios para aplicação de energia fotovoltaica em edifícios multifamiliares com o objetivo de redução de contas de condomínio de forma a evitar inadimplência, poderiam ser mais explorados.

A **Portaria Nº 146, de 26 de abril de 2016** também apresenta diretrizes para a elaboração de projetos e aprova especificações mínimas da unidade habitacional e urbanísticas dos empreendimentos com recursos do FAR e FDS. Esta portaria revoga o Anexo IV da **Portaria Nº 168 de 12 de abril de 2013**. Com relação às tipologias de habitação, destaca como desejável que o empreendimento apresente diferentes tipos de implantação e tipologias como casas térreas, sobrados, casas sobrepostas e edifícios de apartamentos, e como diretriz, o projeto do empreendimento deve seguir estratégias que propiciem melhores condições de conforto ambiental térmico, conforme o local e zona bioclimática. Entretanto, observa-se a falta de questões específicas.

A **Portaria Nº 146** igualmente, destaca a importância da implementação da eficiência energética no projeto e a incorporação de energias renováveis, porém sem entrar em detalhes. Igualmente, coloca-se como requisito que além dos assuntos abordados na **Portaria Nº 146**, os projetos devem observar as questões descritas nos Cadernos Minha Casa + Sustentável. Os Cadernos Minha Casa + Sustentável são três cadernos produzidos para a SNH por meio de parcerias com outras organizações. O Caderno 1 (BRASIL, WRI, et al., 2017) aborda sobre Análise de Custos Referenciais – Qualificação da Inserção Urbana realizado em parceria com o WRI; o Caderno 2 (BRASIL, ITDP, et al., 2017) (aborda sobre Parâmetros Referenciais – Qualificação da Inserção Urbana em parceria com o ITDP e o Caderno 3 (BRASIL, SNH; et al., 2018) aborda sobre Diretrizes e Recomendações – Qualificação do Projeto Urbano, produzido em parceria com a UFRJ, USP e PUC Campinas. Os cadernos abordam basicamente diretrizes sobre questões de projeto urbano. No Caderno 3 são abordadas questões de sustentabilidade nos projetos habitacionais entre as quais são mencionadas as diretrizes 3 e 4, que apresentam sobre arquitetura bioclimática e eficiência e uso de energias renováveis, respectivamente. Apresenta também algumas recomendações, não obstante não dá parâmetros muito precisos de aplicação.

A **Portaria Nº 168, de 12 de abril de 2013** dispõe sobre as diretrizes gerais para aquisição de imóveis com recursos do FAR. Muitos critérios apresentados nesta **Portaria Nº 168** foram mais bem explorados nas Portarias subsequentes. Cabe destacar que a **Portaria Nº 168** apresenta quatro critérios para a priorização de projetos, entre os quais, projetos com menor valor de aquisição das unidades habitacionais, com o que se privilegia custo inicial e não o desempenho da edificação ao longo da sua vida útil, colocando dessa forma o programa, fora da perspectiva do ciclo de vida. Porém

23

este critério não foi visto nas portarias mais recentes. Já em legislações anteriores como a **Instrução Normativa Nº 45**, de 8 de novembro de 2012 que criou o Programa Minha Casa, Minha Vida - Entidades embora destaca o uso da sustentabilidade ambiental do projeto como critério para seleção, colocou também como critério o menor valor de aquisição das unidades habitacionais.

De outro lado, na **Portaria Nº 325** de 2011 foi colocado como requisito para projetos do PMCV, o atendimento às diretrizes do Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat (PBQP-H), com isto foram privilegiados materiais, sistemas e mão de obra em conformidade com o PBQP-H. Esse requisito se manteve nas portarias subsequentes.

Cabe destacar a evolução que teve o PMCMV desde o seu início até o momento presente, evidenciada através das suas normativas, sendo que algumas questões podem ser destacadas como a importância cada vez maior dada ao atendimento dos requisitos da ABNT NBR 15575 nos projetos, assim como, o atendimento às diretrizes do Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat (PBQP-H). Dessa forma, a seguir são ampliados esses assuntos com foco nas questões relacionadas à eficiência energética e desempenho térmico nas edificações, para colocar o contexto em que serão implementados neste estudo.

3.2 PROGRAMA BRASILEIRO DA QUALIDADE E PRODUTIVIDADE DO HABITAT (PBQP-H)

Várias Portarias do PMCMV que incluem a mais recente **Portaria Nº 660 de 2018**, assim como a **Portaria Nº 325 de 2011** colocam como requisito nos projetos o atendimento às diretrizes do Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat (PBQP-H), privilegiando assim o uso de materiais, sistemas e mão de obra que estejam em conformidade com os diversos programas do PBQP-H.

O PBQP-H é um programa criado pelo governo federal para melhoria do setor da construção civil, com foco na qualidade do habitat e modernização da produção. A melhoria no setor engloba produtos e serviços considerando otimização de recursos. Foi iniciado em 1998 por meio da **Portaria Nº 134 de 18 de dezembro** como cumprimento dos compromissos adquiridos pelo Brasil na Conferência do Habitat II de 1996 na carta de Istambul, sendo constituído por diversos setores da cadeia construtiva, tanto público quanto privado. O PBQP-H compreende ações com relação à melhoria na qualidade de materiais, qualificação de mão de obra, avaliação da conformidade para empresas, obras e serviços, normalização, incentivo, avaliação às tecnologias com inovação e ações de comunicação entre os diversos agentes do setor. O principal objetivo do PBQP-H é incentivar a qualidade e produtividade no setor da construção civil, incentivando a modernização tecnológica e de gestão, colaborando para o surgimento de soluções econômicas e de alta qualidade para utilização no setor habitacional, em especial no contexto de melhoria do setor de baixa renda. Como objetivos específicos encontram-se aumentar o acesso à habitação com melhoria do setor, apoiar o desenvolvimento de mecanismos que garantam qualidade no setor considerando projeto, obra, materiais, componentes, sistemas construtivos e mão de obra; contribuir na melhora e difusão de normas técnicas, dar apoio ao surgimento de novas tecnologias e apoiar o intercâmbio internacional, em especial nos países do Sul (BRASIL, PBQP-H, 2020).

Nos primeiros anos do PBQP-H, esteve vinculado ao Ministério do Planejamento e Orçamento sendo chamado “Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade na Construção Habitacional”. Desde o

ano 2000, o nome foi alterado para “Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat” de forma a considerar um conceito mais abrangente de atuação. Atualmente o PBQP-H está vinculado à Secretaria Nacional da Habitação (SNH) do Ministério de Desenvolvimento Regional, sendo parte do Plano Plurianual (BRASIL, PBQP-H, 2020).

O PBQP-H conta com grande participação da iniciativa privada e aproveita os recursos disponíveis de fontes como OGU, FGTS, entre outros disponibilizados por entidades como a CAIXA, BNDES, FINEP. Entre as diretrizes do PBQP-H encontram-se, o incentivo ao uso de novas tecnologias na produção de habitações, aumento da oferta de novas moradias e melhoria das existentes, assim como a promoção da elaboração e compartilhamento de normas e códigos para edificações (BRASIL, PBQP-H, 2020).

A adesão ao PBQP-H é voluntária, contudo, é requisito para empresas que querem participar de financiamento com a CAIXA para o PMCMV. O PBQP-H apresenta níveis que variam de A (mais eficiente) até D (menos eficiente). Para uma empresa ter financiamento junto à CAIXA no PMCMV é necessário ter nível A ou B no PBQP-H. A exigência de fornecedores e construtoras que possuam o PBQP-H favorece na melhoria da qualidade no setor da construção civil.

A participação no PBQP-H dos diferentes agentes se dá por meio dos seguintes programas e sistemas:

- SiAC - Sistema de Avaliação da Conformidade de Empresas de Serviços e Obras da Construção Civil: Para avaliação do sistema de gestão da qualidade de empresas de obras e serviços com base nas normas ISO 9000.
- SiMaC – Sistemas de Qualificação de Materiais, Componentes e Sistemas Construtivos: Para qualificação a fim de evitar a não conformidade de materiais, componentes e sistemas construtivos. Materiais são organizados em PSQs.
- PSQ- Programa Setorial da Qualidade: Para fabricantes de materiais e componentes
- SiNAT – Sistema Nacional de Avaliação Técnica de Produtos Inovadores: Sistemas construtivos cadastrados no SINAT podem ser acessados no site do PBQP-H².

O SiNAT foi criado pela **Portaria Nº 345, de 3 de agosto de 2007** e, alterado pela **Portaria Nº 550, de 11 de novembro de 2016** no âmbito do PBQP-H. O objetivo do SiNAT é a avaliação técnica do desempenho de produtos, processos ou sistemas inovadores. A avaliação é realizada dentro de um uso considerado específico. Destaca-se a importância no conhecimento das DATec, FAD e ITA. A DATec ou Documento de Avaliação Técnica mostra os resultados da avaliação do produto inovador na sua respectiva condição de uso e manutenção sendo válido por dois anos com possibilidade de renovação. De forma similar para sistemas convencionais tem-se a FAD ou Ficha de Avaliação de Desempenho de Sistema Convencional. Por sua parte a ITA ou Instituição Técnica Avaliadora é a instituição que realiza as avaliações de desempenho dentro do SiNAT para sistemas inovadores e convencionais. Para se enquadrar no SiNAT os produtos, processos e serviços que queiram fazer parte em Programas de HIS devem atender requisitos (e critérios) de desempenho conforme as exigências da ABNT NBR 15575 Partes 1 a 6.

² Acesso aos documentos do Sistema Nacional de Avaliações Técnicas – SINAT em http://pbqp-h.cidades.gov.br/projetos_sinat.php

Para sistemas construtivos inovadores é apresentada nas DATec's o desempenho térmico do sistema com relação à NBR 15575 vigente. No entanto, cabe ressaltar que a avaliação atual da NBR 15575 para desempenho térmico é limitada tanto no seu método simplificado, quanto no seu método de simulação computacional, por considerar neste último, somente dois dias típicos (de verão e inverno), sem o uso de cargas térmicas ou ocupação do usuário, entre outros critérios, em detrimento de uma análise de desempenho anual e mais completa. Dessa forma, a avaliação apresentada dos sistemas avaliados pode não estar correspondendo ao comportamento real do sistema quando consideradas variáveis como avaliação anual, usuários e carga térmica. Na mesma linha, Fabricio, Brito e Vittorino (2017) apontam a necessidade nas avaliações de desempenho térmico para o SiNAT com base na NBR 15575, que estabeleçam procedimentos que possam identificar a adequação climática do sistema construtivo e não unicamente o desempenho de uma edificação particular.

Considera-se como produto inovador qualquer material, componente ou processo construtivo inovador cujo desempenho não esteja pautado nas ABNT ou similar. Para um produto inovador ser aprovado no SiNAT deve passar por método de avaliação que pode ser ensaio de campo ou laboratório, simulações, modelo matemáticos, entre outros (BRASIL, PBQP-H, 2020). O antigo Ministério das cidades disponibilizou um site³ onde possibilita o acesso para DATec's e FADs no âmbito do SiNAT como forma a auxiliar na escolha de sistemas para HIS. Os DATec's disponibilizados para sistemas inovadores referem-se à sistemas construtivos com paredes de concreto e, a paredes de concreto com sistema misto de bloco cerâmico. De forma mais pontual, tem-se o sistema construtivo de light steel frame, sistema construtivo de madeira, sistema construtivo de PVC com concreto, vedações não estruturais em gesso e concreto, telha de PVC, revestimento e reservatório de água potável. Dos DATec's apresentados, os que foram identificados como válidos considerando o ano de 2020 encontram-se na Tabela 3.3. Os sistemas/componentes vigentes referem-se à painéis mistos de concreto e bloco cerâmico, sistemas leves como *light steel frame* e *wood frame*, painéis de concreto, armado ou com fibra de vidro, vedações internas em gesso e concreto e paredes em PVC. Estes sistemas considerados inovadores serão avaliados em etapas subsequentes do estudo para verificar o desempenho resultante com a aplicação dos mesmos em diferentes contextos.

Tabela 3.3 – DATecs vigentes considerando o ano 2020.

DATec nº	Validade	Descrição
12	30/11/2020	Painéis pré-fabricados mistos de concreto armado e blocos cerâmicos sem função estrutural – PRECON
14	31/01/2020	Sistema construtivo a seco Saint-Gobain - Light Steel Frame
20	30/07/2020	Sistema construtivo TECVERDE: "Sistema leve em madeira"
24	31/10/2020	Painéis nervurados pré-fabricados de concreto armado para paredes - DPB
28	22/05/2020	Vedações verticais internas em alvenaria não-estrutural de blocos de gesso– QGDI/SUPERGESSO
35	31/01/2020	Paredes Moldadas No Local De Concreto Reforçado Com Fibra De Vidro – CRFV

³ Site para acesso aos documentos do SINAT em app.cidades.gov.br/catalogo

36	30/11/2020	Painéis de vedação sem função estrutural pré-fabricados em concreto
37	31/05/2021	Sistema Construtivo Bazze PVC de Paredes Constituídas de Painéis de PVC Rígido Preenchidos com Concreto

No catálogo de sistemas construtivos convencionais consta cobertura (telha cerâmica e fibrocimento), esquadrias (aço, alumínio e PVC), guarda-corpo, piso (laje maciça em concreto armado) e vedações verticais externas (bloco cerâmico) e/ou internas (bloco cerâmico, concreto, *drywall*). Nas fichas de avaliação dos sistemas/componentes destaca-se o atendimento ao desempenho térmico conforme o método prescritivo da ABNT NBR 15575.

A possibilidade de avaliação de tecnologias ainda não regulamentadas no cenário brasileiro abre portas à inovação e avaliação de novos produtos e sistemas de forma direcionada, para que atendam aos requisitos de desempenho estabelecidos nas normativas nacionais. Conforme Espindola e Ino (2014) a diretriz SINAT 005 que coloca requisitos para sistemas construtivos em madeira foi fundamental para abrir a possibilidade de uso desta tecnologia nos programas habitacionais. Por outro lado, o estudo desenvolvido para a cidade de Teresina Piauí (localizada na zona bioclimática 7) por Lira, Caldas e Spoto (2016) mostrou a análise do sistema construtivo de painéis pré-moldados mistos de concreto armado e blocos cerâmicos para paredes - CASA EXPRESS (DATEC 009) comparando a um sistema convencional de blocos cerâmicos furados. A análise mostrou que mesmo a tipologia da CASA EXPRESS sendo ratificado pelo SiNAT como atendendo ao desempenho térmico mínimo na zona bioclimática 7, apresentou pior desempenho térmico e de emissões de CO₂ no ciclo de vida que o sistema construtivo convencional de blocos cerâmicos furados, com aumento significativo em especial na fase de operação da edificação pela menor resistência térmica dos componentes.

Com apoio do FINEP foi implementada em 2011 uma Rede de Pesquisa “Desenvolvimento de Métodos e Metodologias para Avaliação de Desempenho de Tecnologias Inovadoras no Âmbito do Sistema Nacional de Avaliação Técnica”, Rede INOVATEC com o objetivo de propor adequações necessárias dos critérios do SiNAT à NBR 15575 considerando os usuários e sua aceitação às novas tecnologias. Buscou-se também analisar métodos de avaliação para tecnologias inovadoras que considerassem seus impactos no uso e manutenção com foco no PMCMV. A Rede INOVATEC foi constituída por dez instituições no Brasil (universidades e institutos de ensino e pesquisa). Entre as áreas temáticas abordadas pelo projeto encontram-se a de durabilidade, uso e manutenção, e ambiental. Como resultados observou-se a proposição de métodos de avaliação de desempenho e critérios para produtos e sistemas construtivos inovadores que consideraram durabilidade, sustentabilidade, uso e aceitação do usuário e habitabilidade Fabricio; Ono (2015). A rede ficou ativa de 2011 a 2017. Entre as publicações provenientes da pesquisa destacam-se como resultado os livros disponibilizados no site da Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído - ANTAC que contém uma coletânea de capítulos abordando os diferentes temas (FABRICIO; ONO, 2015; KAZMIERCZAK; FABRÍCIO, 2016; FABRICIO; BRITO; VITTORINO, 2017). O capítulo 12 do livro de Kazmierczak e Fabrício (2016) apresenta a avaliação de ciclo de vida (ACV) de sistemas construtivos. O livro de Fabricio, Brito e Vittorino (2017) foca na avaliação de desempenho de tecnologias inovadoras, abordando durabilidade, custos no ciclo de vida e vida útil considerando o setor de habitação de interesse social, dando recomendações para melhoria de normas para avaliação de desempenho de edifícios do setor residencial. No capítulo 7 do livro de Fabricio, Brito e Vittorino (2017) são apresentados painéis de vedação inovadores considerando as suas normativas,

produção e aplicação, entre os quais o sistema de *wood frame* (DATec 20) e de painéis de concreto revestidos com PVC (DATec 17). Entretanto, não foram observados capítulos abordando custos no ciclo de vida das tecnologias inovadoras.

3.3 INCENTIVO AO USO DE RENOVÁVEIS

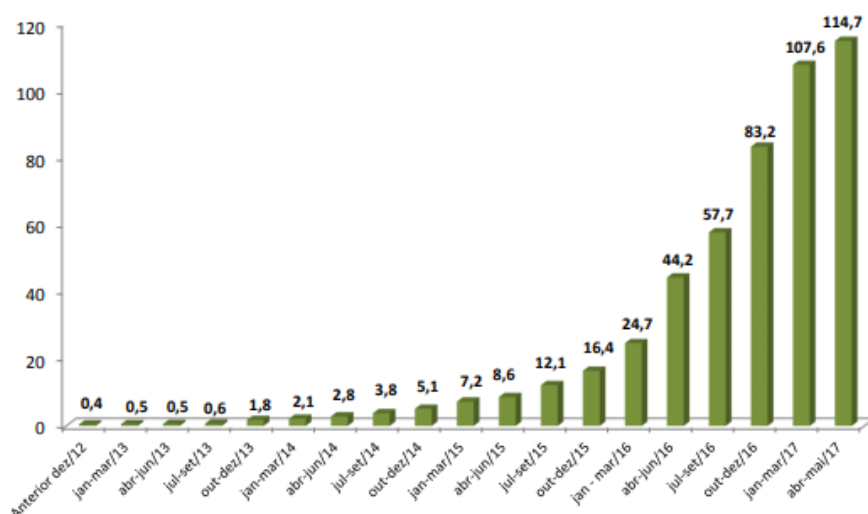
O incentivo ao uso de renováveis nos Programas habitacionais vem sendo abordado desde o início do PMCMV, e pode ser observado nas diferentes Portarias do Programa. Inicialmente, como incentivo ao uso de sistemas de aquecimento de água e posteriormente como incentivo ao uso de fontes renováveis para fornecimento de energia elétrica, resultado das resoluções da ANEEL, permitindo a micro geração e mini geração distribuída.

A **Resolução da ANEEL Nº 482, de 17 de abril de 2012** estabeleceu as condições para o acesso de micro geração e mini geração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica. Esta resolução foi alterada pela **Resolução Normativa Nº 687, de 24 de novembro de 2015**. Por esta última Resolução, entende-se sistemas de micro geração distribuída com potência instalada menor ou igual a 75 kW que utilize cogeração qualificada ou fontes renováveis de energia elétrica, conectada na rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras; e mini geração distribuída, central geradora de energia elétrica, com potência instalada superior a 75 kW e menor ou igual a 3 MW para fontes hídricas, ou, menor ou igual a 5 MW para cogeração qualificada, ou para as demais fontes renováveis de energia elétrica, conectada na rede. Caso a energia gerada no mês seja superior à consumida, fica o crédito para o consumidor que pode usar para redução da fatura no próximo mês. O crédito é válido por 60 meses ou podem também ser usados para reduzir o consumo de outra unidade consumidora do mesmo titular localizada em outro local, porém atendida pela mesma distribuidora. Pela **Resolução Normativa Nº 687** também é permitida a instalação de geração distribuída em condomínios, podendo a energia gerada ser repartida entre os condôminos considerando porcentagens por eles definidas. No caso de empreendimentos multifamiliares que utilizem a geração de energia, permite-se o uso da geração para as próprias unidades ou o uso para áreas comuns. É importante ressaltar que, para unidades consumidoras conectadas em baixa tensão (grupo B), ainda que a energia injetada na rede seja superior ao consumo, será realizado o pagamento referente ao custo de disponibilidade – valor em reais equivalente a 30 kWh (monofásico), 50 kWh (bifásico) ou 100 kWh (trifásico).

Contudo, ainda não há um consenso com relação a permanência das regras sobre os subsídios dados à geração distribuída, pois a ANEEL está, desde 2018, discutindo com o mercado para uma possível revisão dos subsídios, considerando que seja realizado um pagamento pelo uso da rede das distribuidoras por parte dos usuários dos sistemas. A discussão leva em consideração o impacto que os subsídios representam tanto para o usuário do sistema, quanto para quem não é usuário. Mudanças nos subsídios podem representar aumento do tempo de recuperação do investimento por parte dos usuários, o que pode desestimular a incorporação dos sistemas fotovoltaicos e o crescimento e adoção dessa fonte renovável no país.

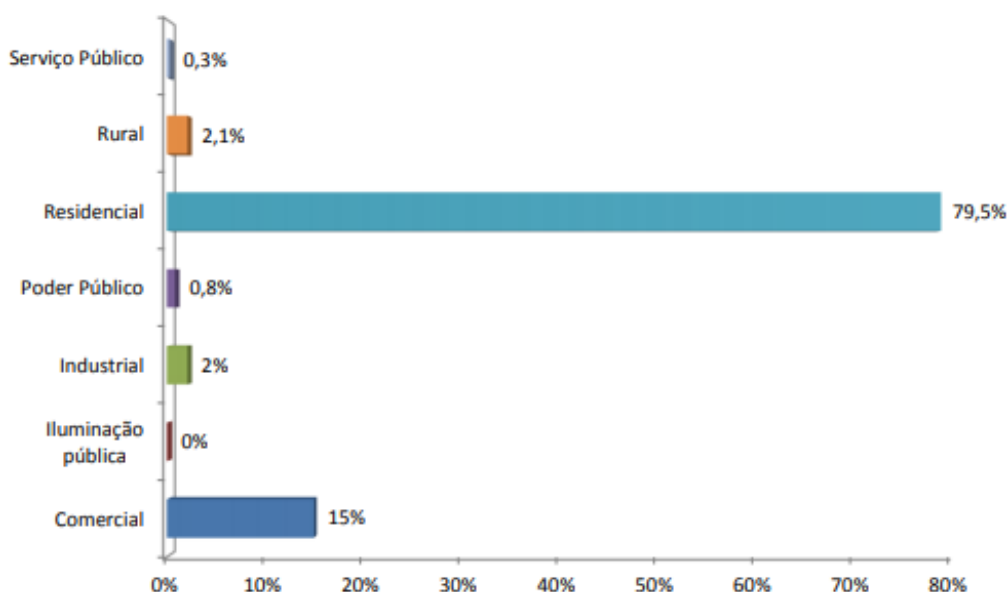
A Figura 3.1 mostra a evolução da potência instalada no número de consumidores com micro ou minigeração distribuída até 23/05/2017, onde pode ser visto um aumento significativo a partir de 2016 sendo o principal setor responsável o setor residencial (Figura 3.2). A geração fotovoltaica é responsável por aproximadamente 70% da potência instalada.

Figura 3.1– Evolução da potência instalada em MW até 23/05/2017.



Fonte: ANEEL (2017)

Figura 3.2 – Classes de consumo dos consumidores até 23/05/2017.

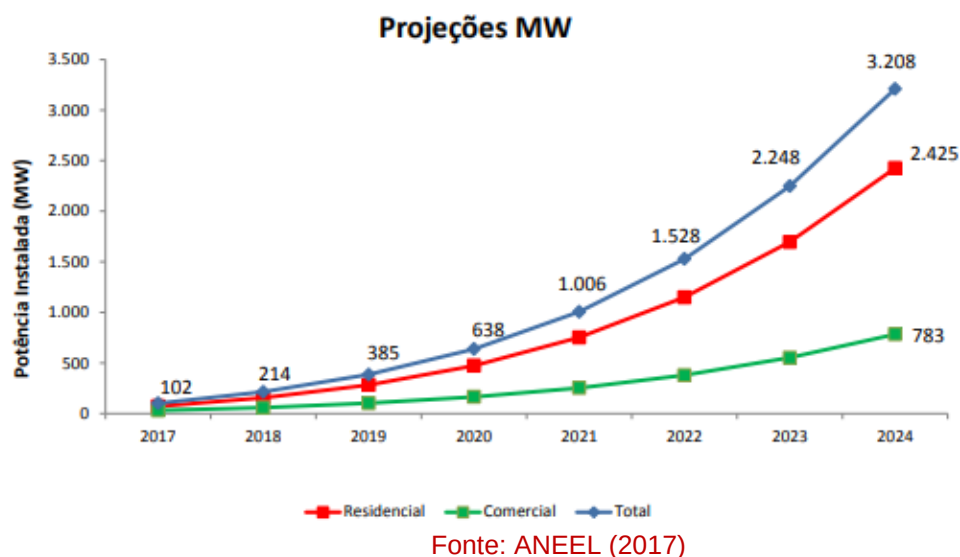


Fonte: ANEEL (2017)

Conforme colocado no item 3.1, a **Portaria Nº 643 de 13 de novembro de 2017** colocou as condições para o uso de sistemas alternativos de geração de energia (solar ou outros de fontes renováveis) para empreendimentos no PMCMV. A Portaria estabelece para Sistemas Fotovoltaicos uma capacidade de geração de energia elétrica mínima que corresponda a um consumo médio anual de 800 kWh por unidade habitacional. As Resoluções da ANEEL geraram oportunidades de geração de energia a ser exploradas nos empreendimentos habitacionais do PMCMV com o objetivo de buscar uma maior integração e edifícios de energia zero ou quase zero.

Segundo a Figura 3.3, observa-se as projeções para o ano 2024 de potência instalada por setor.

Figura 3.3 – Projeção da potência instalada por setor.



O aumento das tarifas de energia elétrica e a busca por cumprir os acordos estabelecidos pelo país com relação às emissões de gases de efeito estufa e à eficiência energética no setor das edificações, devem promover um maior uso de energias renováveis nos empreendimentos, inclusive de baixa renda. Neste sentido, o Programa de Eficiência Energética (PEE) da ANEEL poderia contribuir como uma fonte importante para o uso de eficiência energética no setor de habitação de interesse social.

3.4 PROGRAMA DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DA ANEEL

A Agência Nacional de Energia (ANEEL) consolidou o seu Programa de Eficiência Energética (PEE) com o objetivo de promover a eficiência energética no país por meio do apoio aos projetos que sejam relevantes no seu contexto. Conforme a ANEEL (2020), o programa busca aumentar os benefícios da economia de energia por meio da transformação do mercado, dando apoio às tecnologias inovadoras que incentivem mudanças de comportamento no uso da energia elétrica. As concessionárias e permissionárias de serviços públicos de distribuição, geração e transmissão de energia elétrica, são obrigadas a aplicar um percentual mínimo da sua receita operacional líquida anual em projetos de eficiência energética, que em alguns casos são em pesquisa e desenvolvimento do setor elétrico e em outros em programas de eficiência energética na oferta e/ou uso final da energia. O PEE foi criado pela **Lei Nº 9.991 de 2000**, com alteração pela **Lei Nº 13.280 de 3 de maio de 2016**. Segundo a **Lei Nº 13.280**, as concessionárias e permissionárias de distribuição de energia elétrica⁴ podem usar até 80% dos recursos em comunidades de baixa renda ou rurais, as quais são favorecidas com a tarifa social de energia elétrica. A **Lei Nº 12.212 de 20 de janeiro de 2010** dispõe

⁴ Aplica-se para cooperativas permissionárias de serviços públicos de distribuição de energia elétrica com vendas de energia anual superior à 500 GWh (Lei nº 13.280, de 3 de maio de 2016).

sobre a tarifa social de energia elétrica para consumidores da subclasse residencial classificada como baixa renda colocando o cálculo conforme apresentado na Tabela 3.4.

Tabela 3.4 – Desconto conforme faixa de consumo para tarifa social.

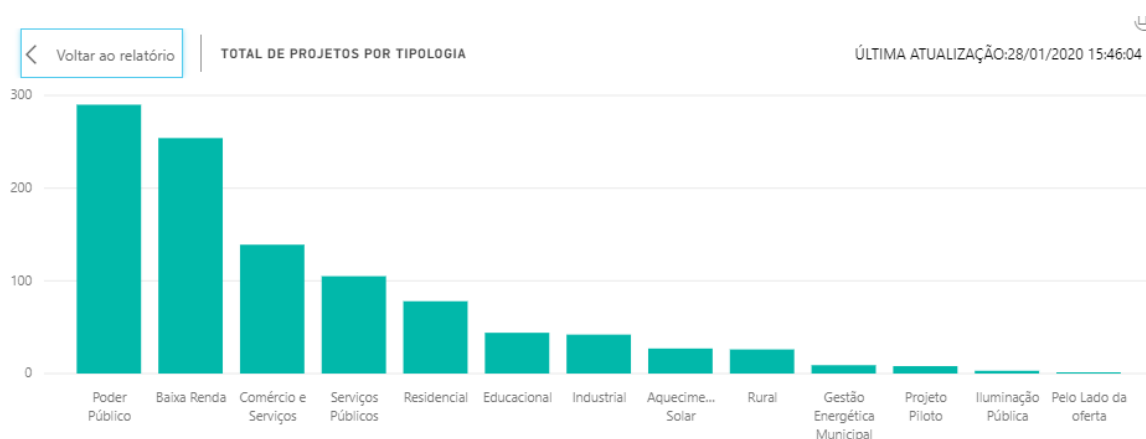
CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA (kWh/MÊS)	DESCONTO (%)
≤ 30	65
≥ 31 e ≤ 100	40
≥ 101 e ≤ 220	10
> 220	0

Fonte: Lei Nº 12.212 de 20 de janeiro de 2010

Os diversos temas abordados pelos projetos de eficiência energética concluídos em junho 2018 ANEEL (2019) podem ser observados na Figura 3.4. Até 28/01/2020 foram 1.026 projetos dos quais 254 eram para tipologia baixa renda.

Projetos de baixa renda constituem, pela tipologia adotada pela ANEEL, 25% dos projetos aprovados, ficando somente atrás dos projetos aprovados pelo Poder Público. Contudo, muitos dos projetos da categoria Residencial são destinados à população de baixa renda, assim como alguns dos projetos da tipologia Aquecimento Solar. Dessa forma, conclui-se que a maior parte dos projetos concluídos até 2018 foram destinados ao setor de baixa renda, o que poderia gerar oportunidades de incorporação de medidas de eficiência energética no setor.

Figura 3.4 – Projeção da potência instalada por setor.



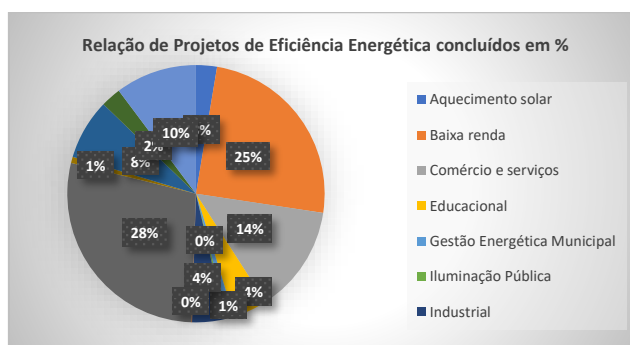
Fonte: ANEEL (2017)

A Figura 3.5 apresenta a relação de projetos de eficiência energética concluídos, e a Figura 3.6 apresenta a relação de projetos de eficiência energética na tipologia baixa renda concluídos, ambos com base em ANEEL (2019). Observam-se uma concentração de projetos nas regiões Sudeste, Sul

e Nordeste. Os projetos desta tipologia alcançaram uma economia de 1.059.477 MWh/ano e uma demanda retirada da ponta de 386.847 kW. Uma grande parte dos projetos se refere à substituição de equipamentos eficientes como refrigeradores e lâmpadas, outros à troca de resíduos por bônus na conta de energia, kit de economia ou uso de aquecimento solar. Porém, em muitos casos, não é possível determinar o objetivo do projeto. Vieira et al. (2016) fizeram um estudo com foco nos projetos de baixa renda aprovados pelo PEE da ANEEL e concluíram que embora a região Norte concentre uma maior população de baixa renda, esta região possui menor investimento do programa e desempenho energético baixo. O estudo também apontou a necessidade de consideração mais aprofundada quando da aplicação dos recursos do PEE para o setor de baixa renda de forma a refletir as necessidades do local.

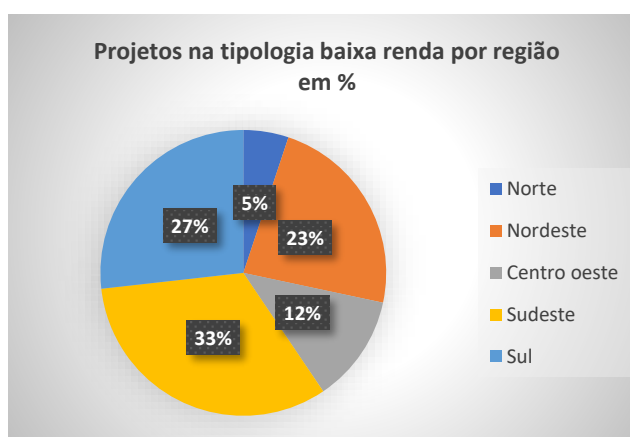
Projetos participantes do PEE devem atender um protocolo de M&V (Medição e Verificação). Critérios sobre como proceder à M&V nos diversos projetos do PEE foram elaborados em um projeto coordenado pela Associação Brasileira das Distribuidoras de Energia Elétrica (ABRADEE) e posteriormente, aperfeiçoados em convênio com parceria entre a ANEEL e GIZ.

Figura 3.5 – Projeção da potência instalada por setor.



Fonte: ANEEL, 2019

Figura 3.6 – Relação de Projetos de Eficiência Energética na tipologia baixa renda.



Fonte: ANEEL, 2019

3.5 A NBR 15220 e NBR 15575

Conforme apontado pelo Relatório “Evolução Normativa do PMCMV relativa a aspectos de eficiência energética” (BRASIL, GIZ, MITSIDI, 2019a) observou-se uma evolução em relação aos critérios de eficiência energética nos requisitos do PMCMV e uma maior inclusão da Norma de desempenho ABNT NBR 15575, em especial na Portaria vigente, sendo que o relatório recomenda um maior acompanhamento da evolução da atualização da norma. A Norma NBR 15575 apresenta muitas falhas no método para avaliação de desempenho térmico pelo que está passando por uma atualização. Desta forma, considera-se importante um maior aprofundamento no novo método da Norma e a influência que pode ter nos projetos do Programa MCMV. Igualmente, o PBE Edifica com seu método para avaliação do setor residencial e conforme também apontado por Brasil, GIZ, MITSIDI (2019a) considera-se um instrumento importante no cenário nacional para elevar a eficiência energética do setor. Ao igual que a Norma de desempenho está passando por atualização, pelo que se considera importante a discussão do novo método neste documento.

Em 2005, entrou em vigor a norma de desempenho térmico de edificações, a NBR 15220, como tentativa de trazer para o mercado o atendimento de requisitos mínimos de desempenho térmico nas edificações (ABNT, 2005). A NBR 15220 é dividida em cinco partes: a primeira estabelece definições, símbolos e unidades; a segunda define os métodos de cálculo para a transmitância térmica, capacidade térmica, atraso térmico e fator solar de elementos e componentes de edificações; a terceira refere-se ao zoneamento bioclimático brasileiro e às diretrizes construtivas para Habitações de Interesse Social (HIS) unifamiliares; e, por fim, a quarta e quinta parte definem métodos para a medição da resistência térmica e da condutividade térmica. Entre as estratégias bioclimáticas que a NBR 15220 propõe, está o incentivo da ventilação natural nas residências. Algumas das diretrizes apontadas pela NBR 15220, como o zoneamento bioclimático brasileiro, que divide o país em 8 zonas bioclimáticas, e os métodos de cálculo das propriedades térmicas, foram incorporadas na NBR 15575, norma referente ao desempenho de edificações residenciais.

A norma de desempenho de edificações residenciais, NBR 15575, entrou em vigor no ano de 2013, após anos de discussões e consulta pública (ABNT, 2013). A normativa é dividida em seis partes: a parte 1 é referente aos requisitos gerais, onde são apresentados os procedimentos para determinação do desempenho dos sistemas da edificação que não se encaixam em nenhum daqueles apresentados nas demais partes da norma; na parte 2 são apresentados os requisitos para os sistemas estruturais; na parte 3 são os requisitos para os sistemas de pisos; na parte 4 são os requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas; na parte 5 são os sistemas de coberturas; e, por fim, a parte 6 é referente aos sistemas hidro sanitários. Cada uma das seis partes da norma incluem as mais variadas disciplinas, como por exemplo a durabilidade e o desempenho lumínico. Como classificação de desempenho, a norma indica até três níveis: mínimo, intermediário e superior. O nível mínimo é apontado em todos os critérios, sendo ele o mínimo aceitável para que a edificação possa ser construída. Os níveis intermediário e superior são voluntários, sendo encontrados somente em parte dos critérios.

Dentre outros aspectos, a NBR 15575 aborda o desempenho térmico, que se relaciona diretamente com a eficiência energética das edificações. A promoção do desempenho térmico do edifício visa propiciar condições termicamente adequadas de permanência do usuário dentro do ambiente edificado.

Os requisitos e critérios de desempenho térmico das edificações residenciais são apresentados nas partes 1, 4 e 5 da NBR 15575, sendo avaliados a envoltória da edificação e os Ambientes de Permanência Prolongada (APP): salas e dormitórios. Segundo o método em vigor, podem ser

adotados dois procedimentos de avaliação do desempenho térmico. O Procedimento 1 divide-se entre duas alternativas, um procedimento simplificado e um procedimento de simulação computacional. O procedimento simplificado estabelece um checklist de critérios a serem atendidos pelos Sistemas de Vedações Verticais Externas (SVVE) e pelos Sistemas de Coberturas, descrito nas partes 4 e 5 da NBR 15575, respectivamente. O procedimento de simulação computacional é descrito na parte 1 da norma. O Procedimento 2 estabelece um método de medição em edificações ou protótipos construídos, possuindo apenas caráter informativo e não substitutivo do Procedimento 1. O procedimento 2 é descrito no anexo A da NBR 15575-1.

Dentro dos critérios estabelecidos pelo Procedimento 1, adotando-se o procedimento simplificado, a parte 4 apresenta os critérios de transmitância térmica e capacidade térmica para paredes externas da edificação e também o critério de abertura mínima para ventilação dos ambientes de permanência prolongada (APP), aplicado quando não houver legislação local específica sobre esse critério. Segundo a NBR 15575-4, para as paredes externas, nas zonas bioclimáticas 1 e 2, pode-se construir edificações com até $2,5 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ de transmitância térmica. Nas zonas bioclimáticas 3 a 8, a transmitância térmica da parede está associada à absorptância solar da parede externa, sendo admitida transmitância térmica de até $3,7 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ se a absorptância solar da parede for menor ou igual a 0,6 (cores claras a medias) e transmitância térmica de no máximo $2,5 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$; caso a absorptância solar for maior que 0,6 (cores mais escuras). Além da transmitância térmica, nas zonas bioclimáticas de 1 a 7, há o critério de capacidade térmica para as paredes externas, que deverá ser igual ou maior do que o valor de $130 \text{ kJ}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$. Os critérios dados para as paredes externas no Procedimento 1, somente permitem a avaliação para o nível mínimo. Para a ventilação natural, a NBR 15575-4 tem como critério a área mínima de ventilação para os ambientes de permanência prolongada. Esta deve ser maior ou igual a 7% da área de piso do ambiente nas zonas bioclimáticas de 1 a 7; na zona bioclimática 8, para a região norte do país, a área de ventilação deve ser maior ou igual a 12% da área de piso, enquanto na região nordeste e sudeste, essa área deve ser maior ou igual a 8%. Como pode-se observar, a NBR 15575-4 não determina um valor máximo de abertura translúcida na edificação, permitindo a construção de edificações com grandes áreas envidraçadas. Isto pode representar um desempenho térmico insatisfatório, considerando os altos níveis de radiação solar a que a fachada pode ser submetida, gerando assim o chamado efeito estufa no ambiente, em especial quando não associado a sombreamento em função da orientação solar. Porém, o sombreamento das aberturas não é apontado pela Norma como uma diretriz que pode favorecer o desempenho térmico das edificações. Duas notas técnicas publicadas pelo Laboratório de Eficiência Energética em Edificações (LabEEE) nos anos de 2011 e 2012 apontam a necessidade de se considerar sombreamento nas janelas dos ambientes (SORGATO; VERSAGE; LAMBERTS, 2011; SORGATO et al., 2012). Nos estudos os autores mostram, através de simulação computacional, que a utilização de dispositivos de sombreamento pode reduzir em até $1,5^\circ\text{C}$ a temperatura interna dos dormitórios localizados nas zonas bioclimáticas 3 e 8.

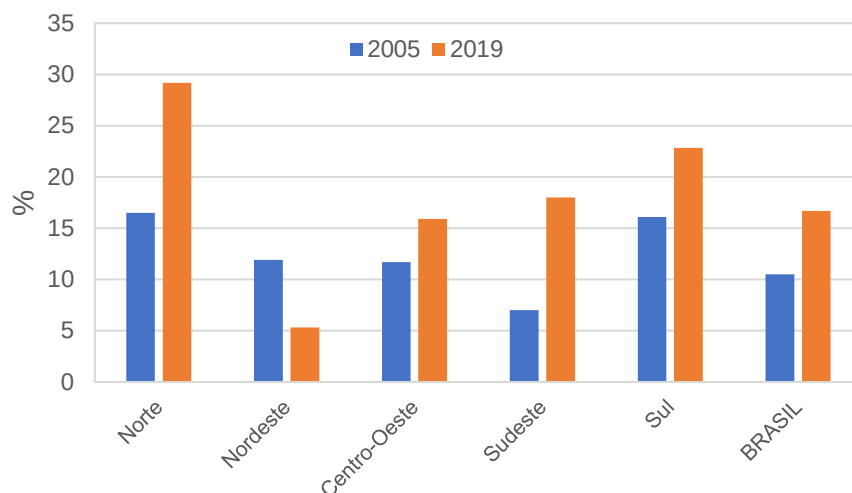
A parte 5 da norma, NBR 15575-5, traz o critério de transmitância térmica para os sistemas de cobertura. Para as zonas bioclimáticas 1 e 2, a transmitância térmica deve ser no máximo igual a $2,3 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$. Nas zonas bioclimáticas 3 a 6, para coberturas com absorptância solar menor ou igual a 0,6, a transmitância térmica deve ser menor ou igual a $2,3 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$; se a absorptância solar for maior que 0,6, a transmitância térmica deve ser no máximo igual a $1,5 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$. Para as zonas bioclimáticas 7 e 8, se a absorptância solar for menor ou igual a 0,4, a transmitância térmica da cobertura deverá ser de no máximo $2,3 \text{ FT W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$; se a absorptância solar for maior que 0,4, o valor da transmitância térmica deverá ser de no máximo $1,5 \text{ FT W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$. O FT, é um fator de correção apresentado na norma NBR 15220-3, e é em função da ventilação natural que pode ocorrer na cobertura, entre o forro e a telha. Os critérios da NBR 15575-5 são para o desempenho térmico

mínimo da cobertura, no Anexo I da parte 5 da norma há os limites de transmitância térmica para os níveis de desempenho intermediário e superior.

Caso os critérios estabelecidos para o desempenho térmico mínimo não sejam respeitados, dentro do que estabelece o procedimento simplificado, a edificação deve ser alterada ou ser avaliada pelo método de simulação computacional, presente na parte 1 da norma. Para a simulação da edificação é recomendado o uso do programa EnergyPlus, sendo executada para dias típicos de projeto, um de verão e um de inverno. A geometria da edificação deve ser modelada por completo, sendo cada ambiente considerado como uma zona térmica. Caso a avaliação seja de um conjunto habitacional, a unidade a ser avaliada deverá ser a que apresentar a condição crítica para o desempenho térmico tanto para verão quanto para inverno. Não há a consideração do entorno na simulação, a menos que este seja previsto em projeto, como, por exemplo, sombreamento por beiral ou edificações pertencentes ao conjunto habitacional. Para a ventilação dos ambientes e cobertura, deve ser considerada uma taxa de renovação de 1 ren/h. Caso a edificação não atenda o desempenho térmico mínimo, deve-se simular novamente de até três formas diferentes, considerando condições distintas para os parâmetros de entrada: primeiro, simular com a taxa de renovação nos ambientes igual a 5,0 ren/h, sem sombreamento nas janelas; segundo, simular com sombreamento externo ou interno de 50% nas janelas, com taxa de renovação no ambiente de 1 ren/h; terceiro, simular considerando a primeira e segunda alteração combinadas. Como indicador de desempenho térmico, o método de simulação da NBR 15575-1 utiliza a temperatura do ar no interior do ambiente (sala ou dormitório) e a temperatura externa. Para a condição de verão, em todas as zonas bioclimáticas, a temperatura do ar máxima diária no interior do ambiente não pode ser superior a temperatura do ar exterior máxima diária. Para a condição de inverno, são analisadas somente as zonas bioclimáticas de 1 a 5, consideradas as mais frias, e o critério é de que a temperatura do ar mínima diária no interior do ambiente deve ser maior ou igual a temperatura mínima diária do ar exterior à edificação acrescida de 3°C.

Existem alguns pontos críticos no método de simulação da NBR 15575-1 que são superados pela nova metodologia proposta para avaliação de desempenho térmico da NBR 15575. Esses pontos se referem à simulação computacional não considerar as variações climáticas anuais, ocupação do usuário ou cargas internas. A consideração de somente um dia de projeto não representa as condições normais a qual a edificação é submetida. Outro ponto de destaque é que a edificação não é simulada considerando a fase de ocupação, ou seja, não é considerada a interação das pessoas com a edificação, através do uso da ventilação natural, condicionamento de ar, sistema de iluminação e equipamentos. Além disso, as cargas internas geradas pelos ocupantes e os sistemas instalados não são consideradas. O comportamento do usuário tem papel fundamental no desempenho térmico da edificação e não o considerar pode gerar grande divergência entre os resultados da simulação e da edificação real. A consideração de uma taxa de renovação não representa a ventilação natural como ela ocorre na realidade. Além do exposto anteriormente, existe cada vez mais a entrada de equipamentos de condicionamento de ar nas residências. Essa tendência pode ser observada comparando os resultados obtidos na Pesquisa de Posse de Equipamentos e Hábitos de Consumo de Energia (PPH) do setor residencial levantada no ano de 2005 e, a mais recente, em 2019 (BRASIL, 2019). Em todo o Brasil, no ano de 2005, cerca de 10,5% dos domicílios tinham ar condicionado, enquanto que no ano de 2019, 16,7% dos domicílios possuem esse equipamento (Figura 3.7).

Figura 3.7 – Domicílios com condicionador de ar no Brasil e regiões (em %)



Fonte: BRASIL (2019).

Com relação ao uso de condicionamento de ar podem ser apontados alguns resultados relevantes da PPH. Como observado na Figura 3.7 o uso do condicionador de ar teve aumento em praticamente todas as regiões com exceção da região Nordeste.

A pesquisa de 2019 mostra os resultados também por classe econômica, dessa forma pode ser relacionado o comportamento da classe D/E como sendo o da Faixa 1 do PMCMV, foco deste estudo. Com esse foco, o uso de aparelhos condicionamentos de ar nas classes D/E foi visto em 5,22% dos domicílios, sendo algumas das principais características: tipos de aparelho predominante de split comum (47,86%) e janela (42,74%) começando a aparecer tecnologias mais inovadoras como o split inverter (3,99%). As capacidades térmicas predominantes dos aparelhos são para equipamentos até 7.500 Btu/h (34,47%) e entre 7.501 até 10.000 Btu/h (34,19%). Sendo que 89,46% dos aparelhos são usados no ciclo frio, mostrando isto a importância do desempenho no verão para a habitação. Dos aparelhos perto de 58% usam controle eletrônico, enquanto 42% usam controle mecânico, sendo as temperaturas mais utilizadas 20°C (18,63%), 22°C (17,16%) e 18°C (16,18%). Estas indicações são importantes pois ganhos de economia podem ser obtidos com temperaturas de condicionamento de ar mais altas, contudo, isto é ligado ao comportamento do usuário. A média de posse dos equipamentos era de 3,3 anos, porém não é especificada na pesquisa a eficiência do aparelho, ou se possuía Selo Procel ou o nível da ENCE – Etiqueta Nacional de Conservação de Energia. Com relação à frequência de uso do condicionamento de ar nas classes D/E foi observado um uso elevado durante todo o ano sendo acima de 70% nos meses de julho a fevereiro e uma média de 65% nos meses de maio a junho. Para todas as classes econômicas o uso por região foi mais intensivo nas regiões Norte e Nordeste durante todo o ano, no Centro-Oeste maior uso no verão e médio entre abril a agosto e no Sul e Sudeste, uso intensivo no verão e baixo entre abril a outubro. Para a classe D/E no ano todo a frequência de uso predominante do condicionador de ar é intensa (6 a 7 vezes por semana), e as horas de maior uso é entre as 21h e as 6h com média entre 20% a 45% dos aparelhos ligados.

Como observado, o uso do condicionamento de ar teve aumento significativo nas residências no Brasil, portanto, essa nova maneira de utilizar os ambientes deve ser considerada na avaliação de desempenho térmico das residências, o que está sendo proposto no novo método de avaliação da BNR 15575. Em 2012, um ano antes da norma entrar em vigor, o LabEEE publicou uma nota técnica

com estudos referentes a essas e outras modificações a serem consideradas na NBR 15575 (SORGATO et al., 2012).

Considerando a importância nacional da NBR 15575, frequentemente referenciada quando definidos critérios de desempenho de edificações residenciais, evidencia-se a necessidade da sua constante atualização, de modo a permitir o aprimoramento contínuo dentro das melhores práticas construtivas. Em 2019 foi iniciado o processo de revisão da NBR 15575, encontrando-se atualmente na etapa de aplicação e análise das modificações propostas. A revisão proposta para a avaliação de desempenho térmico visa aproximar o procedimento normativo de condições mais realistas de uso da edificação, assim como adotar métodos e procedimentos bem aceitos internacionalmente. Em sua versão atual, o novo método propõe a divisão da análise do desempenho térmico entre Procedimento Simplificado (partes 4 e 5 da NBR 15575) e Procedimento de Simulação Computacional (parte 1). O método de medição, de caráter informativo, não foi incluído na proposta. Da mesma forma que a versão atual da norma, a avaliação do desempenho térmico pode ser realizada pelo Procedimento Simplificado ou de Simulação Computacional.

A proposta para o novo Procedimento Simplificado continua estabelecendo limites relacionados à transmitância térmica de paredes externas e cobertura, de acordo com as suas respectivas absorptâncias, além da capacidade térmica das paredes e aberturas mínimas para a ventilação. Além disso, a proposta adiciona restrições quanto às aberturas de elementos transparentes, tipicamente compostas por vidros. Esta nova delimitação tem como objetivo reduzir a adoção de grandes fachadas envidraçadas nas edificações, que comumente propiciam o sobreaquecimento dos ambientes. Outra contribuição da revisão no Procedimento Simplificado, é a possibilidade de se adotar uma maior área envidraçada, até certo limite, quando esta estiver protegida por estrutura de sombreamento ou possuir vidro com baixo fator solar. No caso da opção pelo não atendimento de algum dos critérios estabelecidos pelo Procedimento Simplificado, a NBR 15575 permite a análise pelo Procedimento de Simulação Computacional. Cabe ressaltar que na existência de outra legislação do local, por exemplo código de obras, que indique um valor diferente do apontado pela NBR 15575, o valor da legislação do local deve ser atendido.

A proposta para a revisão do Procedimento de Simulação Computacional estabelece a avaliação anual da unidade habitacional, ao invés da adoção de extremos de frio e calor, como coloca o método atual. As análises anuais permitem abranger as diversas condições as quais a edificação está exposta, além de contemplar a ocorrência de fenômenos como de atraso térmico.

Outra significativa alteração proposta para o Procedimento de Simulação é o estabelecimento da avaliação da unidade habitacional a partir da comparação com um Modelo de Referência. Este modelo deve representar a edificação analisada, respeitando suas características volumétricas, porém adotando-se características de referência. Tais características dizem respeito aos percentuais de áreas envidraçadas, às aberturas de ventilação e às propriedades térmicas dos sistemas construtivos. A partir destes dois modelos, a edificação é analisada quanto a sua capacidade de se igualar ou superar o desempenho térmico obtido pela sua referência. Esta abordagem já é adotada em normativas internacionais, como o caso da ASHRAE 90.1 (ASHRAE, 2019). A comparação da edificação com ela mesma, com parâmetros de referência, permite que se neutralizem ou reduzam diversos vieses frequentes em simulações computacionais, como as simplificações dos processos físicos nos softwares, a consideração da edificação parcial ou totalmente isolada do contexto urbano e a existência de imprecisões nos dados dos arquivos climáticos.

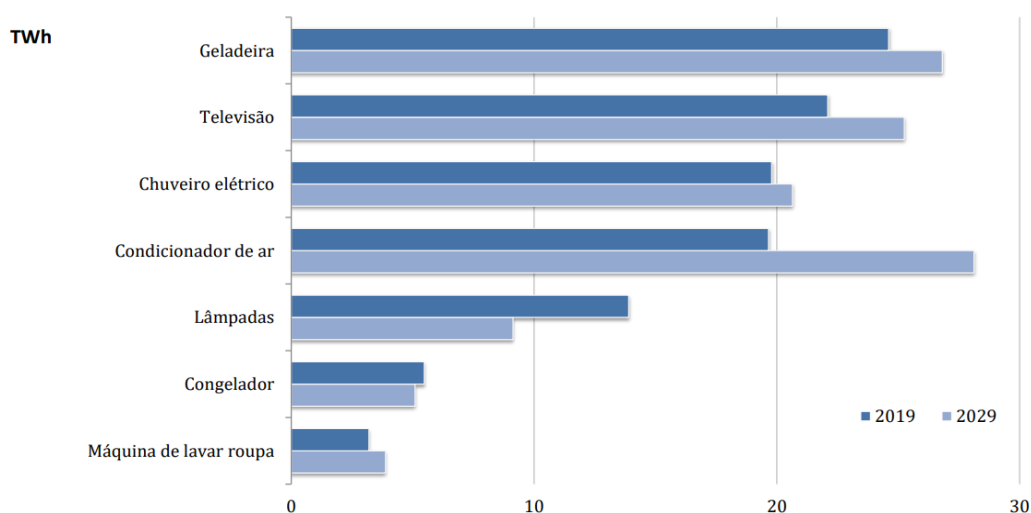
Como critérios de avaliação do desempenho térmico, o novo Procedimento de Simulação Computacional estabelece três parâmetros comparativos. O Percentual de Horas ocupadas dentro

de uma Faixa de Temperatura operativa (PHFT) define qual a parcela de tempo em que a edificação se encontra dentro de uma faixa de temperaturas operativas aceitáveis, de acordo com a zona bioclimática. Os outros dois parâmetros são as temperaturas operativas anuais máxima e mínima, dentro dos horários de ocupação da Unidade Habitacional (UH), e as cargas térmicas de aquecimento e refrigeração. Todos os três critérios avaliativos permitem observar a unidade habitacional de forma mais abrangente do que se considerada apenas a temperatura interna e a temperatura externa de bulbo seco, como estabelecido pelo método atual.

A proposta de revisão da NBR 15575 estabelece também a consideração dos efeitos da ventilação natural, que representa uma estratégia bastante eficiente para a promoção do desempenho térmico de edificações no Brasil, conforme apontado pela Nota Técnica Nº 03/2011, de Sorgato, Versage e Lamberts (2011). No texto em vigor, a norma considera apenas uma taxa constante de renovação do ar do ambiente, o que faz com que o método despreze boas soluções bioclimáticas, que aproveitam os potenciais da ventilação. Segundo a proposta do novo método, o modelo a ser simulado deverá permitir a abertura das janelas dos Ambientes de Permanência Prolongada (APP) quando este ambiente estiver ocupado e quando: a temperatura de bulbo seco interna for igual ou superior a 19°C; e quando a temperatura interna for superior a externa. Além disso, todas as janelas e portas devem considerar a infiltração por frestas, quando fechadas.

Nos momentos em que a ventilação natural não for suficiente para manter as temperaturas operativas internas dentro de uma faixa aceitável, o novo método estabelece que se calcule a carga térmica a ser removida (refrigeração) ou adicionada (aquecimento) ao ambiente. Dessa forma, permite-se avaliar a edificação em ambas as condições, ventilada naturalmente e com refrigeração ou aquecimento, abrangendo as diversas formas de utilização da residência. Esta abordagem contempla de forma mais adequada o cenário de uso de aparelhos de condicionamento de ar nas residências brasileiras, cujo consumo apresenta significativa projeção de crescimento até 2029 (Figura 3.8), conforme apresentado pelo Plano Decenal de Expansão de Energia 2029, elaborado pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE, 2019).

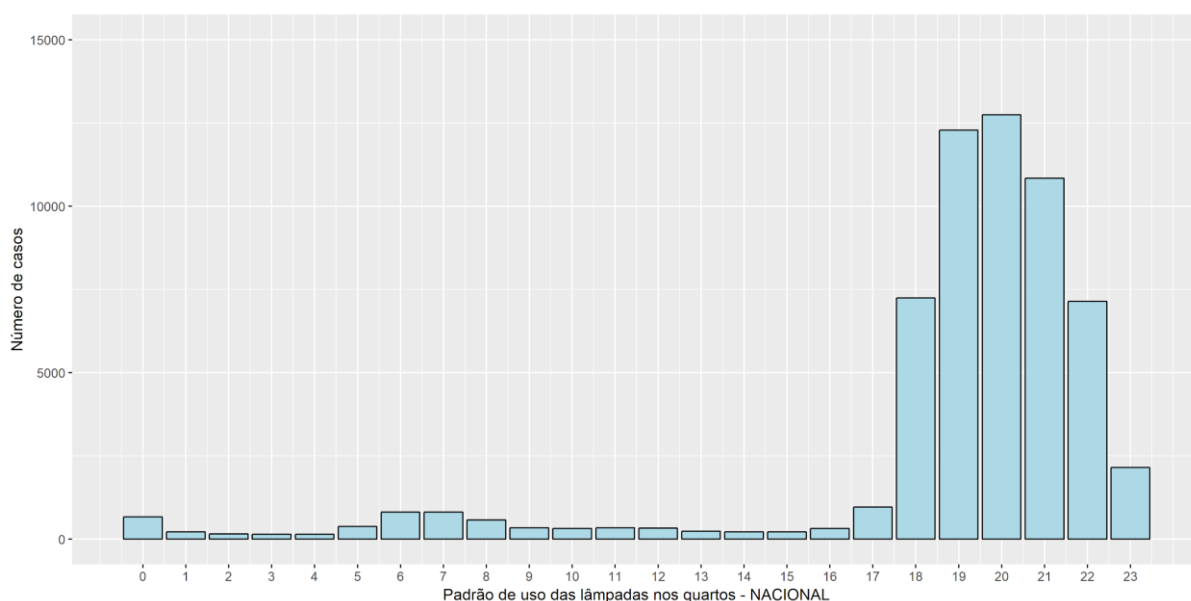
Figura 3.8 – Consumo de energia elétrica por equipamento residencial.



Fonte: Empresa de Pesquisa Energética (2019).

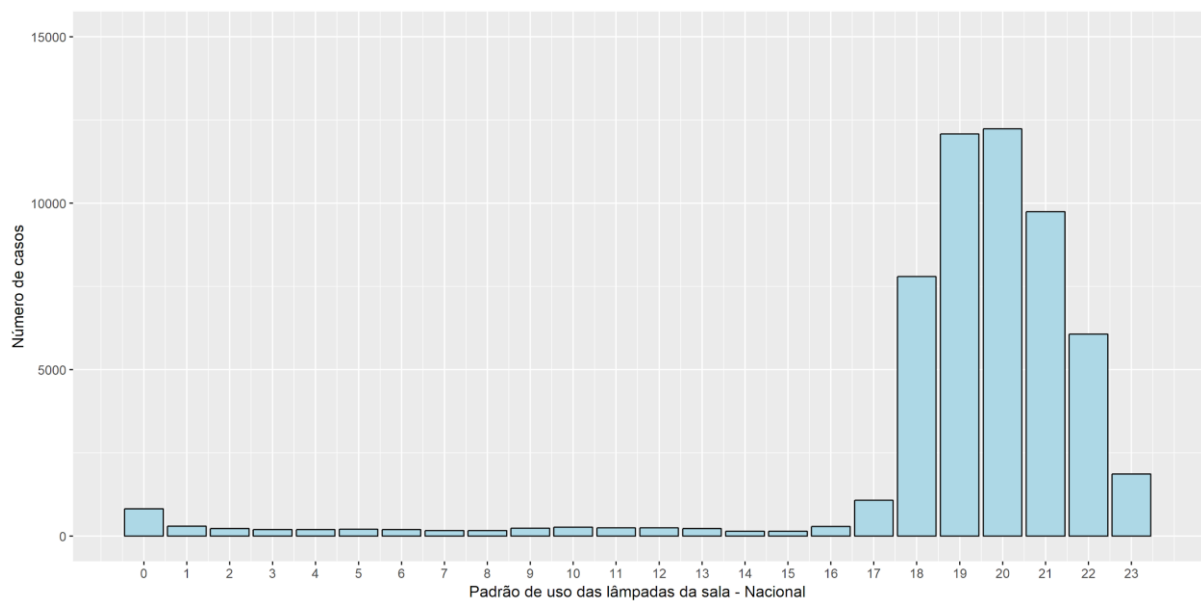
No método atual, a NBR 15575 desconsidera as cargas internas do edifício, o que não reflete de maneira adequada o seu ambiente interno. Nesse sentido, a revisão propõe o estabelecimento da ocupação de dormitórios das 22h00 às 07h59, considerando-se dois ocupantes por dormitório, enquanto as salas são ocupadas entre 14h00 e 21h59. Além da presença de ocupantes, também é considerada a densidade de potência de iluminação de 5 W/m² nas salas (das 16h00 até 21h59) e dormitórios (das 22h00 às 23h59 e das 06h00 às 07h59), assim como a potência de 120 W de equipamentos nas salas. Dessa forma, adotam-se padrões mais realistas de uso da edificação, que podem ser comparados com a Pesquisa de Posse e Hábitos de Uso de Equipamentos Elétricos na Classe Residencial (PPH), contratada pelo PROCEL, e com atualização publicada em 2019. A partir da consideração da ocupação das edificações residenciais no Procedimento de Simulação Computacional da NBR 15575, a PPH tem o potencial de servir como ferramenta para a verificação dos padrões de ocupação e uso dos equipamentos, de modo a fomentar a atualização contínua, dentro da realidade brasileira. As Figuras 3.9, 3.10 e 3.11 exemplificam as informações que podem ser obtidas por meio do PPH, as quais demonstram a distribuição horária de acionamento de lâmpadas em dormitórios e salas, além da utilização de televisores, todos estes com abrangência nacional. O PPH também permite a visualização dessas informações por classe de consumidor, divididas de A a E. O padrão observado nas Figuras, que são de abrangência nacional, é bastante semelhante ao encontrado nas classes C, D e E, aproximadamente correspondentes à Faixa 1, segundo a Associação Brasileira de Empresas de Pesquisa (ABEP) (2018).

Figura 3.9 – Padrão nacional de uso de lâmpadas em dormitórios.



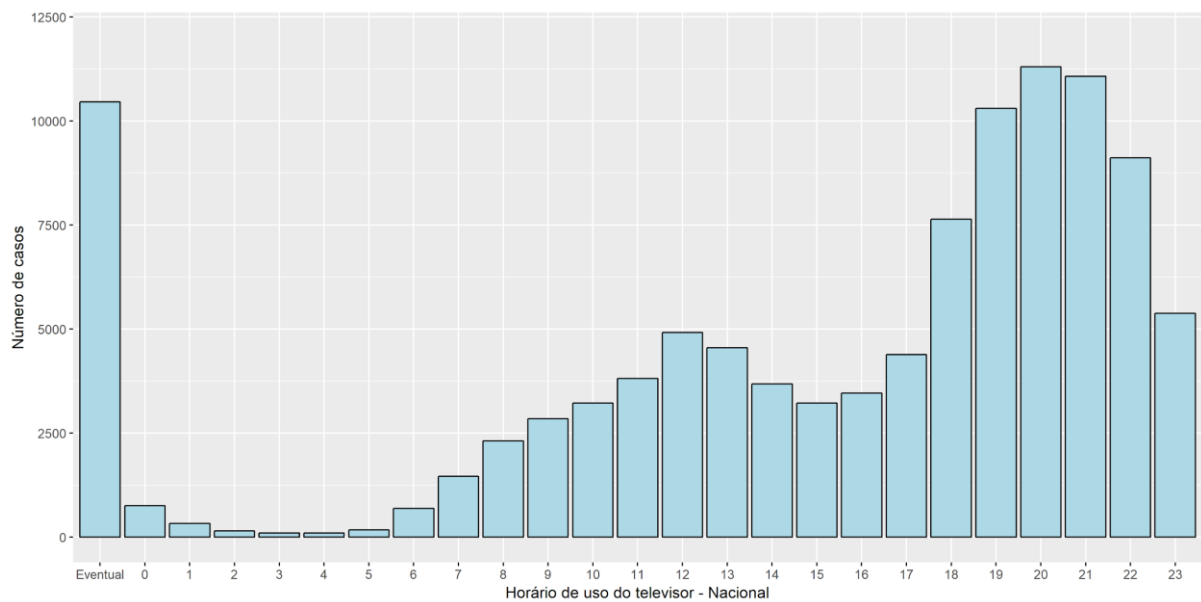
Fonte: Pesquisa de Posse e Hábitos de Uso de Equipamentos Elétricos na Classe Residencial (2019).

Figura 3.10 – Padrão nacional de uso de lâmpadas em salas.



Fonte: Pesquisa de Posse e Hábitos de Uso de Equipamentos Elétricos na Classe Residencial (2019).

Figura 3.11 – Padrão nacional de uso de televisores.



Fonte: Pesquisa de Posse e Hábitos de Uso de Equipamentos Elétricos na Classe Residencial (2019).

Na busca pela aproximação dos modelos computacionais a condições mais adequadas de representação das edificações, outras medidas introduzidas pela proposta de revisão são a consideração do entorno do edifício e a degradação dos materiais das suas superfícies. A consideração do entorno visa representar, de forma simplificada, as principais superfícies que interagem termicamente com a edificação. Dessa forma, pode-se contemplar melhor as trocas térmicas com outras estruturas adjacentes, assim como os efeitos de sombreamento. A degradação dos materiais é considerada sobre a absorvância da superfície de paredes externas e coberturas, de modo a representar o seu comportamento após um período de três anos de exposição às intempéries. O valor da absorvância após o período de degradação pode ser obtido a partir de uma equação fornecida pela norma, ou através de laudo técnico. Desse modo, permite-se valorizar produtos de alta qualidade, que sejam capazes de preservar suas propriedades térmicas originais por um período mais longo.

Com a aprovação do novo método, a NBR 15575 permitirá a avaliação do desempenho térmico de habitações de forma mais adequada e abrangente para com as diversas realidades brasileiras. Alterações como o uso de simulações anuais e a consideração da ventilação natural devem permitir a valorização do bom projeto, de acordo com as possibilidades climáticas de onde está inserido. A Tabela 3.5 resume as principais alterações propostas pelo novo método de avaliação do desempenho térmico da NBR 15575, para o Procedimento de Simulação Computacional.

Buscando também uma melhoria do setor, e a fim de favorecer a eficiência energética de edificações residenciais brasileiras, em 2010 foi publicado o Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais (RTQ-R), tendo como versão em vigor atualmente a de 2012 (BRASIL, 2012). O RTQ-R apresenta os métodos prescritivo e de simulação para a etiquetagem de edificações residenciais. Os sistemas contemplados são: envoltória e aquecimento de água. Sendo classificados de A (mais eficiente) até E (menos eficiente). No método prescritivo para a avaliação da envoltória, é necessário o levantamento de diversos parâmetros, como área útil, área de fachada, área de abertura. Na avaliação pelo método prescritivo, além dos cálculos necessários, para que a envoltória da edificação atinja no mínimo nível C de eficiência energética, devem ser atendidos os critérios de desempenho térmico mínimo presentes nas partes 4 e 5 da NBR 15575. No método de simulação da Etiqueta de Energia, por sua vez, o desenvolvimento do modelo diverge completamente do que está vigente na NBR 15575, pois nele são consideradas as cargas internas, a análise é anual, considera avaliação principalmente com ventilação natural e com uso previsto de condicionamento de ar em caráter informativo.

Com a aprovação da proposta do novo método para avaliação do desempenho térmico da NBR 15575, será proposta a união dos métodos presentes na normativa com o método de avaliação da envoltória presente na etiquetagem de edificações residenciais. Visto que, assim como a NBR 15575, os métodos de avaliação da etiquetagem de edificações encontram-se em revisão. Nesta revisão do RTQ-R, o texto do regulamento passa a se chamar Instrução Normativa do INMETRO, INI-R. Na proposta de INI-R, já publicada no site do CB3E (LabEEE, 2018) é possível verificar as principais alterações que ocorreram nos métodos de avaliação. Na INI-R serão três métodos de avaliação da eficiência energética de edificações residenciais: prescritivo, simplificado e de simulação. O método prescritivo é voltado a edificações de baixa renda, sendo um *checklist* que classifica a edificação no mínimo em classe A. O método simplificado foi desenvolvido para substituir o método prescritivo do RTQ-R. Enquanto no método prescritivo do RTQ-R a resposta é um equivalente numérico, no método simplificado da INI-R é possível obter o consumo energético da edificação. O método de simulação do INI-R irá considerar a proposta de método para avaliação do desempenho térmico da NBR 15575, sendo utilizado somente para a classificação da envoltória.

Tabela 3.5 – Comparativo entre o método em vigor e o método proposto para a avaliação de desempenho térmico da NBR 15575, por meio do Procedimento de Simulação Computacional.

PROCEDIMENTO DE SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL		
	Método em vigor	Método proposto
Período analisado	Dois dias extremos (verão e inverno).	Um ano completo.
Método	Compara a temperatura interna de bulbo seco com a temperatura externa de bulbo seco, em um dia de verão e um dia de inverno.	Compara a edificação projetada com a mesma edificação, porém com características de referência.
Parâmetros analisados	Temperatura interna máxima de bulbo seco em um dia extremo de verão; Temperatura interna mínima de bulbo seco em um dia extremo de inverno.	Percentual de horas em que a temperatura operativa dos ambientes se encontra dentro de uma faixa de temperatura (PHFT); Temperatura operativa máxima durante ocupação; Temperatura operativa mínima durante a ocupação; Carga térmica de refrigeração (CgTR); Carga térmica de aquecimento (CgTA) .
Ventilação natural	Não permite avaliar os efeitos da ventilação natural. Considera apenas taxas fixas de renovação de ar.	Permite avaliar os efeitos da ventilação natural.
Carga térmica	Não contabiliza a carga térmica.	Contabiliza a carga térmica quando a ventilação natural é insuficiente (Carga térmica total - CgTT).
Cargas internas	Considera a unidade habitacional como desocupada.	Considera a unidade habitacional ocupada, adotando uma rotina padrão para a presença dos usuários, assim como para o acionamento de lâmpadas e equipamentos.
Degradação de materiais	Não considera.	Considera a degradação das superfícies externas de paredes e cobertura.
Entorno	Não considera o entorno.	Considera o entorno a partir da representação das principais superfícies adjacentes que interagem termicamente com a edificação.

3.6 SELO CASA AZUL DA CAIXA

O Selo Casa Azul foi uma iniciativa da Caixa Econômica Federal para beneficiar projetos que procurassem atender critérios de sustentabilidade na construção de edificações residenciais. A certificação foi lançada em 2010 (CAIXA, 2010), e, posteriormente, em 2014 teve a revisão de alguns critérios, entre eles relacionados ao desempenho térmico. O documento base do Selo Casa Azul da CAIXA é o manual de Boas Práticas para Habitação mais Sustentável, presente no site da CAIXA. O Selo Casa Azul avalia seis categorias entre as quais: Projeto e Conforto; e Eficiência Energética. Na categoria Projeto e Conforto, são apresentados alguns conceitos básicos de conforto térmico e diretrizes construtivas. No capítulo Eficiência Energética, são apresentados critérios referentes aos equipamentos (ex. geladeira), sistemas de iluminação e aquecimento de água.

No capítulo Projeto e Conforto, são apresentados critérios que consideram desde a relação do empreendimento com o entorno até o desempenho térmico da edificação. O método de avaliação dos critérios do Selo Casa Azul da CAIXA envolve o atendimento aos critérios obrigatórios e de livre escolha de acordo a relevância para o projeto. Para o desempenho térmico, a certificação apresenta diretrizes para paredes externas e coberturas, utilizando como base a NBR 15575, partes 4 e 5, e diretrizes bioclimáticas para projetos com base na NBR 15220, parte 3. Como critérios, há a transmitância térmica, capacidade térmica e absorvância à radiação solar considerando os limites para paredes externas e coberturas iguais aos da NBR 15575. Para as aberturas, os percentuais voltados à iluminação e ventilação natural são semelhantes ao adotado na NBR 15575. A documentação do selo casa azul da CAIXA traz alguns exemplos de componentes construtivos, paredes e cobertura, com valores de transmitância térmica, capacidade térmica e exemplos de absorvância à radiação solar. Existe também, uma tabela com estratégias construtivas para cada zona bioclimática e época do ano (verão e inverno), que deve servir de ponto de partida para a tomada de decisão em projeto.

Além desses critérios obrigatórios, para o desempenho térmico satisfatório das residências, é recomendado o uso de sombreamento, porém de maneira bem dimensionada. Para as zonas bioclimáticas 4 a 8, é recomendado o uso de sombreamento horizontal na fachada norte, caso seja necessário sombreá-la. Nas zonas bioclimáticas 1 a 3, a recomendação é insolação seletiva, ou seja, no verão deve ser bloqueado a entrada de insolação, no inverno deve ser permitida, sendo que brises horizontais também podem ser recomendados nesses casos, se bem dimensionados. Já na zona bioclimática 8, se for requerida a redução da incidência solar na fachada, é recomendado que as superfícies das fachadas leste e oeste sejam menores.

Projetos que obtenham o Selo Casa Azul obtém o benefício de desconto nas taxas de juros no financiamento, o qual varia conforme o nível obtido na classificação do Selo, que pode ser entre bronze, prata ou ouro. Uma das questões que deve ser buscada é a integração dos critérios de desempenho térmico do Selo com as novas exigências da NBR 15575 e do PBE Edifica.

4 REFERÊNCIA

ABNT. **NBR 15220-3 Norma de desempenho térmico de edificações Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social**. 2005.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575-1 2013 Edificações Habitacionais — Desempenho**. 2013.

AGOPYAN, V.; ESPINELLI LEMES DE SOUZA, U.; PALIARI, J. C.; ANDRADE, A. C. DE. Alternativas para Redução do Desperdício de Materiais nos Canteiros de Obra. In: Carlos Torres Formoso; A. Ino (Orgs.); **Coletânea Habitar.Inovação, Gestão da Qualidade e Produtividade e Disseminação do Conhecimento na Construção Habitacional**. p.224 a 249, 2003. Porto Alegre: ANTAC.

AGOPYAN, V. ET AL. **Alternativas para a redução de desperdício de materiais nos canteiros de obras. Relatório Final. PCC-USP/FINEP/ITQC, 5 volumes**. 1998.

ANEEL. Nota Técnica No 0056/2017-SRD/ANEEL: Atualização das projeções de consumidores residenciais e comerciais com microgeração solar fotovoltaicos no horizonte 2017-2024. , 2017. Disponível em: <https://www.aneel.gov.br/documents/656827/15234696/Nota+Técnica_0056_PROJEÇÕES+GD+2017/38ca9d9ae-71f6-8788-0429-d097409a0ba9>. .

ANEEL. Programa de Eficiência Energética. Disponível em: <<https://www.aneel.gov.br/programa-eficiencia-energetica>>. .

BRASIL. PBQP-H Site. Disponível em: <<http://pbqp-h.cidades.gov.br/>>. Acesso em: 15/1/2020.

BRASIL; GIZ; MITSIDI. **Relatório Final Evolução Normativa do PMCMV relativa a aspectos de Eficiência Energética**. 2019a.

BRASIL; GIZ; MITSIDI. **Metodologia para Elaboração do “ Mapa de Tipologias e Sistemas Construtivos ”**. 2019b.

BRASIL; ITDP; SNH; SNMU; MINCIDADES. **Caderno 2: Parâmetros referenciais: Qualificação da inserção urbana**. 2017.

BRASIL; MINCIDADES. Portaria nº 660, de 14 de novembro de 2018. , 2018. Disponível em: <http://www.in.gov.br/web/guest/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/50484132/do1-2018-11-16-portaria-n-660-de-14-de-novembro-de-2018-50483803>. .

BRASIL; MINCIDADES; HABITAÇÃO, S. N. DE. **ESPECIFICAÇÕES DE DESEMPENHO NOS EMPREENDIMENTOS DE HIS BASEADAS NA ABNT NBR 15575 - EDIFICAÇÕES HABITACIONAIS - DESEMPENHO** Orientações ao Proponente para Aplicação das Especificações de Desempenho em Empreendimentos de HIS. 2015.

BRASIL; MINCIDADES; SNH. **ESPECIFICAÇÕES DE DESEMPENHO NOS EMPREENDIMENTOS DE HIS BASEADAS NA ABNT NBR 15575 - EDIFICAÇÕES HABITACIONAIS - DESEMPENHO** Orientações ao Agente Financeiro para Recebimento e Análise dos Projetos. Brasília, 2015.

BRASIL; MINCIDADES; SNH. **ESPECIFICAÇÕES DE DESEMPENHO NOS EMPREENDIMENTOS DE HIS BASEADAS NA ABNT NBR 15575 - EDIFICAÇÕES HABITACIONAIS - DESEMPENHO**. 2018.

BRASIL; SNH; MINCIDADES; et al. **Caderno 3: Diretrizes e recomendações: Qualificação do projeto urbano**. 2018.

BRASIL; WRI; SNH; SNMU; MINCIDADES. **Caderno 1: Análise de custos referenciais: Qualificação da**

inserção urbana. 2017.

BRAZIL. **REGULAMENTO TÉCNICO DA QUALIDADE PARA O NÍVEL DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS.** 2012.

BRAZIL. EPE - Empresa de Pesquisa Energética. **Uso de Ar Condicionado no Setor Residencial Brasileiro: Perspectivas e contribuições para o avanço em eficiência energética.** Disponível em: https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-341/NT%20EPE%20030_2018_18Dez2018.pdf

CAIXA. **Selo Casa Azul. Boas práticas para habitação mais sustentável.** São Paulo: Página & Letras, 2010.

ENERGYPLUS. Disponível em: <<https://energyplus.net/>>. .

ESPINDOLA, L. D. R.; INO, A. Inserção e financiamento do sistema Wood Frame no programa habitacional Minha Casa Minha Vida. XV Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído - ENTAC. **Anais...** . v. 1, p.1578–1587, 2014. Maceió.

FABRICIO, M. M.; BRITO, A. C.; VITTORINO, F. **Avaliação de Desempenho de Tecnologias Construtivas Inovadoras: Conforto Ambiental, Durabilidade e Pós-Ocupação.** Porto Alegre: ANTAC, 2017.

FABRICIO, M. M.; ONO, R. **Avaliação de Desempenho de Tecnologias Construtivas Inovadoras: Manutenção e Percepção dos Usuários.** Porto Alegre: ANTAC, 2015.

KAZMIERCZAK, C. DE S.; FABRÍCIO, M. M. **Avaliação de Desempenho de Tecnologias Construtivas Inovadoras: Materiais e Sustentabilidade.** Porto Alegre: ANTAC, 2016.

LABEEE - Laboratório de Eficiência Energética em Edificações . **Novo método de avaliação energética de edificações com base em energia primária.** Disponível em <https://labeee.ufsc.br/novo-metodo-avaliacao-cb3e>.

LIRA, J.; CALDAS, L.; SPOSTO, R. . Avaliação do Ciclo de Vida de Emissões de CO2 e Desempenho Térmico de Habitações: Estudo de Caso do Sistema Construtivo CASA EXPRESS na Cidade DE Teresina – PI. XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO - ENTAC. **Anais...** , 2016. São Paulo.

TRIANA, M. A. **Abordagem integrada no ciclo de vida de habitações de interesse social considerando mudanças climáticas,** 2016. Universidade Federal de Santa Catarina. Disponível em: <<http://www.labeee.ufsc.br/node/705>>. .

TRIANA, M. A.; LAMBERTS, R.; SASSI, P. Characterisation of representative building typologies for social housing projects in Brazil and its energy performance. **Energy Policy**, v. 87, 2015.

VIEIRA, N.; HADDAD, J.; ROCHA DOS SANTOS, R. E.; SILVEIRA, J. M. Diagnóstico estratégico de projetos de baixa renda no âmbito do Programa de Eficiência Energética (PEE) da ANEEL. XXII Seminário Nacional de Distribuição de Energia Elétrica - SENDI. **Anais...** . p.0–10, 2016. Curitiba.