



Universidade Federal de Santa Catarina
Centro Tecnológico
Departamento de Engenharia Civil
Laboratório de Eficiência Energética em Edificações



hab.labEEE

Inovação no desenvolvimento e construção de Habitações de Interesse Social multifamiliares para promoção da Eficiência Energética e do Conforto Ambiental

Relatório interno

Avaliação do impacto dos requisitos obrigatórios da Portaria 725 no desempenho térmico de habitações de interesse social

Identificação: HB-RL-10-01

Data: 17/07/2024

Projeto: Inovação no desenvolvimento e construção de Habitações de Interesse Social multifamiliares para promoção da eficiência energética e do conforto ambiental

Convênio:

Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC

Campus Universitário Reitor João David Ferreira Lima, Bairro Trindade
Florianópolis, SC – CEP 88040-900
<http://www.ufs.br>

Fundação de Ensino e Engenharia de Santa Catarina – FEESC

Campus Universitário Reitor João David Ferreira Lima, Bairro Trindade
Florianópolis, SC– CEP 88040-370
<http://www.feesc.org.br>

Financiadora de Estudos e Projetos – FINEP

Praia do Flamengo 200, 1º andar, Bairro Flamengo
Rio de Janeiro, RJ – CEP 22210-907
<http://www.finep.gov.br>

Realização:

Laboratório de Eficiência Energética em Edificações – LabEEE

Centro Tecnológico - Departamento de Engenharia Civil
Campus Universitário Reitor João David Ferreira Lima, Bairro Trindade
Florianópolis, SC – CEP 88040-970
+55 48 3721 5184
labeee.ctc@contato.ufsc.br
<http://labeee.ufsc.br>

Coordenação: Prof. Roberto Lamberts, PhD

Elaboração: Matheus Soares Geraldi
Maria Andrea Triana
Clara Zibetti Matuella Veiga
Júlia Bagio
João Marcos Pires
Leticia Gabriela Eli
Natasha Hansen Gapski Pereira
Carolina Buonocore de Oliveira
Renata De Vecchi
Ana Paula Melo

Controle de versões

Versão	Descrição	Data
0	Emissão inicial	17/07/2024

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO.....	1
1. INTRODUÇÃO.....	2
2. MÉTODO.....	3
2.1. Fluxograma.....	3
2.2. Modelos pré-portaria.....	3
2.3. Modelos pós-portaria.....	4
2.4. Premissas e critérios de padronização.....	8
2.5. Simulação computacional.....	9
2.6. Climas.....	10
2.7. Análises.....	12
3. RESULTADOS.....	13
3.1. Comparação 1.....	13
3.2. Comparação 2.....	16
3.3. Análise pareada.....	19
4. CONCLUSÕES.....	22
REFERÊNCIAS.....	24
APÊNDICE 1 - PLANTA BAIXA DA ADAPTAÇÃO DOS MODELOS.....	25
UNIFAMILIAR TÉRREA ISOLADA.....	26
UNIFAMILIAR GEMINADA.....	27
MULTIFAMILIAR FORMATO H.....	28
MULTIFAMILIAR SOBREPOSTA GEMINADA.....	29
MULTIFAMILIAR LINEAR.....	30

APRESENTAÇÃO

Este documento foi elaborado no âmbito do Convênio de Cooperação Técnico-Financeira celebrado entre a FINEP (Financiadora de Estudos e Projetos), a UFSC (Universidade Federal de Santa Catarina), e a FEESC (Fundação de Ensino de Engenharia), de número de referência 1536/22 (contrato número 01.22.0580.00) e intitulado **Inovação no desenvolvimento e construção de habitações de interesse social multifamiliares para promoção da eficiência energética e conforto ambiental**, também chamado de **hab.labee**.

O convênio possui as seguintes frentes de trabalho:

1. Gerenciamento do projeto;
2. Revisão de Literatura;
3. Resiliência;
4. Experimentos;
5. Industrialização.

Este documento integra a frente de trabalho 3 (Resiliência). Apresenta-se neste relatório a avaliação do impacto da Portaria MCID N° 725, de 15 de junho de 2023.

1. INTRODUÇÃO

No início de 2023, foi anunciada a retomada do PMCMV para promoção da expansão de habitações de interesse social no país, tendo sido sancionadas as regras de funcionamento do Programa por meio da Medida Provisória 1.162/2023 e sancionada na forma da [Lei nº 14.620, de 13 de julho de 2023](#). As novas regras ampliam as faixas de renda, consideram redução nas taxas de juros e aumentam o subsídio para aquisição dos imóveis.

O programa continua funcionando por meio de parcerias entre o governo federal, os estados, os municípios, as empresas construtoras e as famílias beneficiadas, oferecendo subsídios financeiros e condições especiais de financiamento para viabilizar a aquisição da casa própria. A meta do novo Programa é contratar até 2026 dois milhões de moradias, sendo que 50% delas sejam para o público da Faixa 1. As faixas de renda e os subsídios são divididos da seguinte forma na nova versão do PMCMV ([BRASIL, 2023](#)):

- Faixa 1: Famílias com renda mensal de até R\$ 2.640,00. Nessa faixa, o programa oferece subsídios maiores e condições de financiamento especiais, com juros reduzidos. O valor do subsídio varia de acordo com a renda familiar e historicamente foi entre 85% a 95%
- Faixa 2: Famílias com renda mensal entre R\$ 2.640,01 e R\$ 4.400,00. Nessa faixa, as condições de financiamento são mais favoráveis, mas os subsídios são menores em comparação à Faixa 1.
- Faixa 3: Famílias com renda mensal entre R\$ 4.400,01 e R\$ 8.000,00. Nessa faixa, o programa oferece financiamentos com taxas de juros um pouco mais elevadas, porém ainda abaixo das praticadas no mercado.

O valor do imóvel foi ampliado no novo Programa, considerando diferentes valores conforme o tamanho da cidade do empreendimento e a faixa de renda. No geral, para empreendimentos na Faixa 1, são subsidiados empreendimentos que estejam no valor entre R\$ 130 mil por UH até R\$ 164 mil por UH, dependendo do porte do município e da tipologia a ser construída (apartamento ou casa). O valor pode ser ampliado em 10% para terrenos com melhor qualificação, chegando ao limite de R\$ 170 mil por UH, ou até 40% para projetos de requalificação de edificações existentes. O subsídio nesta faixa implica que as famílias paguem prestações mensais proporcionais à sua renda, tendo-se um valor mínimo de prestação de R\$ 80 por mês, por um período de 5 anos. Para empreendimentos na Faixa 2, o valor financiado máximo é de R\$ 264 mil por UH e para empreendimentos na Faixa 3 de até R\$ 350 mil por UH. O prazo de acompanhamento das famílias após a ocupação foi ampliado para 60 meses (antes era de 12 meses), assim como os compromissos do ente local (prefeituras) também foram ampliados, incluindo a participação no contrato do empreendimento habitacional com cláusulas que consideram o fornecimento da infraestrutura externa, equipamentos públicos e manutenção e operação de sistemas de abastecimento de água, tratamento de esgoto, energia ou equipamentos ([BRASIL, 2023](#)).

Além disso, o Ministério das Cidades determinou diversos requisitos para os conjuntos habitacionais a serem construídos por meio da [Portaria MCID Nº 725, de 15 de junho de 2023](#). Dentre eles, os mais impactantes no âmbito da edificação foram a inclusão obrigatória de varanda nas habitações multifamiliares, a necessidade de que todas as unidades

possam ser passíveis de serem acessíveis sem alteração de paredes (de acordo com a NBR 9050 vigente), o pé-direito mínimo exigido e algumas necessidades de ajustes de materiais de acordo com a Zona Bioclimática do empreendimento. Diante disso, espera-se uma melhora significativa no desempenho geral das habitações, em comparação com as habitações produzidas pelas fases anteriores do programa.

Portanto, conforme o exposto, há a necessidade de mensurar a diferença de desempenho entre as habitações produzidas antes e depois da publicação da Portaria MCID Nº 725, de 15 de junho de 2023, sendo este o objeto do presente relatório.

2. MÉTODO

2.1. Fluxograma

A Figura 1 apresenta o fluxograma do método empregado neste estudo.

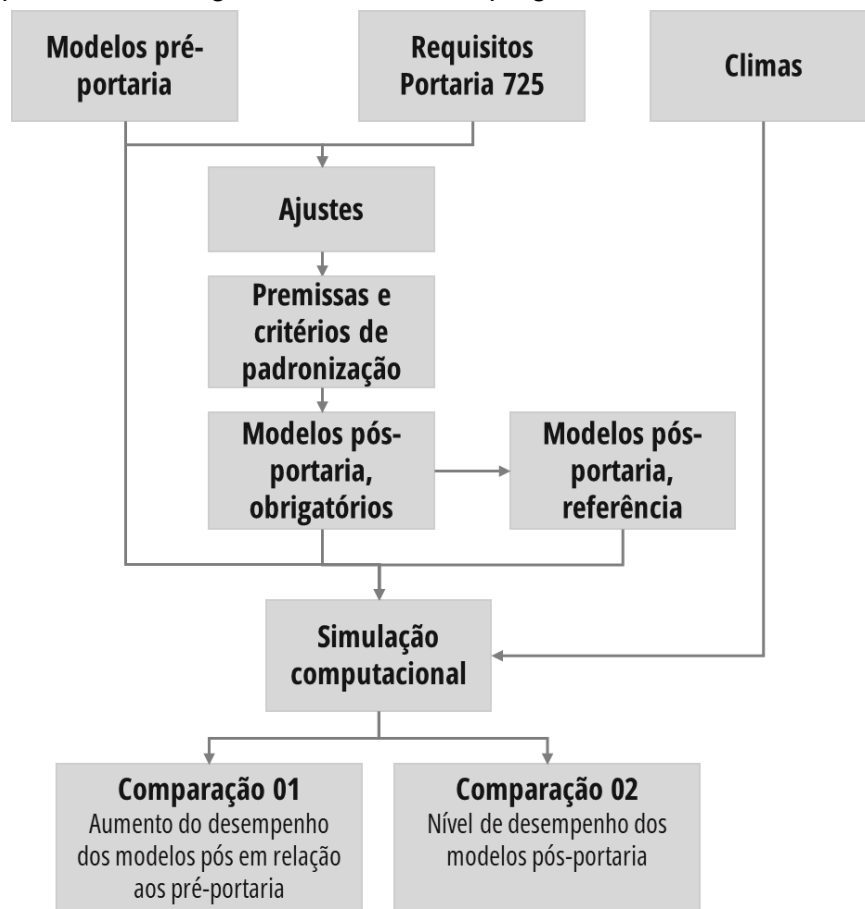


Figura 1 - Fluxograma do método empregado neste estudo.

As próximas seções descrevem detalhadamente as etapas do método.

2.2. Modelos pré-portaria

Para representar as habitações produzidas antes da Portaria MCID Nº 725, de 15 de junho de 2023, utilizou-se os modelos de referência pré-portaria, produzidos e publicados pelo projeto hab.labeee ([LabEEE et al., 2023](#)). A geometria dos modelos de referência, em termos de área e disposição dos ambientes, foram baseados nos modelos desenvolvidos

por [Triana \(2016\)](#), em que exploradas análises de projetos existentes e produzidos até 2016 no Brasil. Foram definidas cinco composições como tipologias representativas para a Faixa 1:

1. Unifamiliar Térrea Isolada
2. Unifamiliar Térrea Geminada
3. Multifamiliar Formato H
4. Multifamiliar Sobreposta Geminada
5. Multifamiliar Formato Linear

É importante mencionar que apesar de a tese de [Triana \(2016\)](#) trazer a tipologia multifamiliar linear como sendo representativa somente das Faixas 2, 3 do PMCMV, esta tipologia foi incluída como um modelo de referência do projeto hab.labeee (faixa 1) pela sua presença no mercado não financiado para HIS, e possível inserção na Faixa 1 no futuro.

Com relação às aberturas para iluminação e ventilação, utilizou-se como critério a condição de referência da NBR 15575-1:2021, que determina que cada ambiente deve possuir uma janela com percentual de elementos transparentes igual a 17% da área de piso do ambiente, considerando 45% de abertura para ventilação.

Foram consideradas propriedades térmicas para paredes, coberturas e esquadrias conforme a condição da referência da [NBR 15575-1:2021](#). O relatório **HB-RT-07-2023** apresenta de forma detalhada o desenvolvimento dos modelos de referência aqui utilizados. Estes modelos foram denominados PRE-REF (Figura 2), e estão classificados, portanto, como tendo desempenho mínimo segundo a norma de desempenho.



Figura 2 - Representação gráfica dos modelos pré-portaria (PRE-REF).

2.3. Modelos pós-portaria

Para representar as edificações, considerando os requisitos obrigatórios da Portaria MCID Nº 725, de 15 de junho de 2023, foram produzidos cinco novos modelos, tomando-se como base os modelos pré-portaria. Foi modificado o *layout* interno dos modelos anteriores para ajustar aos requisitos de dimensão de ambientes, especialmente ao programa de necessidades estabelecido na Tabela 1 da Portaria 725, a qual especifica:

2. Programa de necessidades

1. Programa mínimo da unidade habitacional

a) Área útil mínima da UH (descontando as paredes) deve ser suficiente para atender o programa mínimo e as exigências de mobiliário para cada cômodo, respeitadas as seguintes áreas úteis mínimas:

i. Casas: 40,00 m².

ii. Apartamentos / Casas Sobrepostas: 41,50 m² (área útil com varanda), sendo 40 m² de área principal do apartamento.

b) Pé-direito: mínimo de 2,60 m, admitindo-se 2,30 m no banheiro.

c) Programa mínimo: Sala + 1 dormitório de casal + 1 dormitório para duas pessoas + cozinha + área de serviço + banheiro + varanda (para multifamiliar). Não foi estabelecida a área mínima dos cômodos, deixando aos projetistas a competência de formatar os ambientes da habitação segundo o mobiliário previsto a seguir:

i. Dormitório de casal - Quantidade mínima de móveis: 1 cama (1,40 m x 1,90 m); 1 mesa de cabeceira (0,50 m x 0,50 m); e 1 guarda-roupa (1,60 m x 0,50 m). Circulação mínima entre mobiliário e/ou paredes de 0,50 m.

ii. Dormitório para duas pessoas - Quantidade mínima de móveis: 2 camas (0,90 m x 1,90 m); 1 mesa de cabeceira (0,50 m x 0,50 m); e 1 guarda-roupa (1,50 m x 0,50 m). Circulação mínima entre as camas de 0,80 m. Demais circulações, mínimo 0,50 m.

iii. Cozinha - Largura mínima: 1,80 m. Quantidade mínima de itens: pia (1,20 m x 0,50 m); fogão (0,55 m x 0,60 m); e geladeira (0,70 m x 0,70 m). Previsão para armário sob a pia e gabinete.

iv. Sala de estar/refeições - Largura mínima: 2,40 m. Quantidade mínima de móveis: sofás com número de assentos igual ao número de leitos; mesa para 4 pessoas; e estante/armário TV.

v. Banheiro - Largura mínima: 1,50 m. Quantidade mínima de itens: 1 lavatório sem coluna, 1 bacia sanitária com caixa de descarga acoplada, 1 box com ponto para chuveiro (0,90 m x 0,95 m) com previsão para instalação de barras de apoio e de banco articulado. Assegurar a área para transferência à bacia sanitária e ao box.

Além disso, foram considerados os critério a acessibilidade conforme especifica o item vii da Tabela 1 da Portaria 725 determina que:

vii. Acessibilidade: Espaço livre de obstáculos em frente às portas de no mínimo 1,20 m. Nos banheiros, deve ser possível inscrever módulo de manobra sem deslocamento que permita rotação de 360° (D = 1,50 m) (observado o item 7.5.c da NBR 9050). Nos demais cômodos, deve ser possível inscrever módulo de manobra sem deslocamento que permita rotação de 180° (1,20 m x 1,50 m), livre de obstáculos, conforme definido pela NBR 9050, com exceção da varanda, que deverá ser integrada nas unidades adaptadas. A unidade padrão resultante é adaptável, permitindo sua transformação em unidade acessível por meio das adaptações sob demanda constantes do item 6 deste anexo, não implicando em alteração de paredes.

E também:

viii. Varanda - em apartamentos: largura mínima de 0,80m e área útil mínima de 1,50m². É vedada varanda em balanço.

Com relação às propriedades térmicas, quando não especificado pela Portaria 725, foram mantidas as especificações do modelo anterior, conforme a condição da referência da NBR 15575-1:2021. O mesmo se aplicou às aberturas para iluminação e ventilação, mantendo-se como critério a condição de referência da NBR 15575-11:2021, que determina que cada

ambiente deve possuir uma janela com percentual de elementos transparentes igual a 17% da área de piso do ambiente, considerando 45% de abertura para ventilação.

Nos modelos multifamiliares, a abertura entre a sala e a varanda foi modelada com uma porta de vidro de 210x80 cm e uma janela, ambas para a varanda. Ainda, manteve-se uma janela na cozinha. As três esquadrias então devem condizer com a necessidade de 17% da área de piso dos ambientes sala e cozinha conjugados. Todas as janelas e a porta com a varanda foram modeladas considerando 45% de ventilação.

A partir dessa remodelagem, foram produzidos novos modelos. Estes modelos foram produzidos em duas condições, a condição “real”, que considera o itens obrigatórios da Portaria 725 (denominados POS-OBR), e a condição de referência (denominados POS-REF), que considera a condição de referência da NBR 15575. A Figura 3 apresenta uma representação gráfica dos três modelos produzidos neste estudo e ressalta suas diferenças.

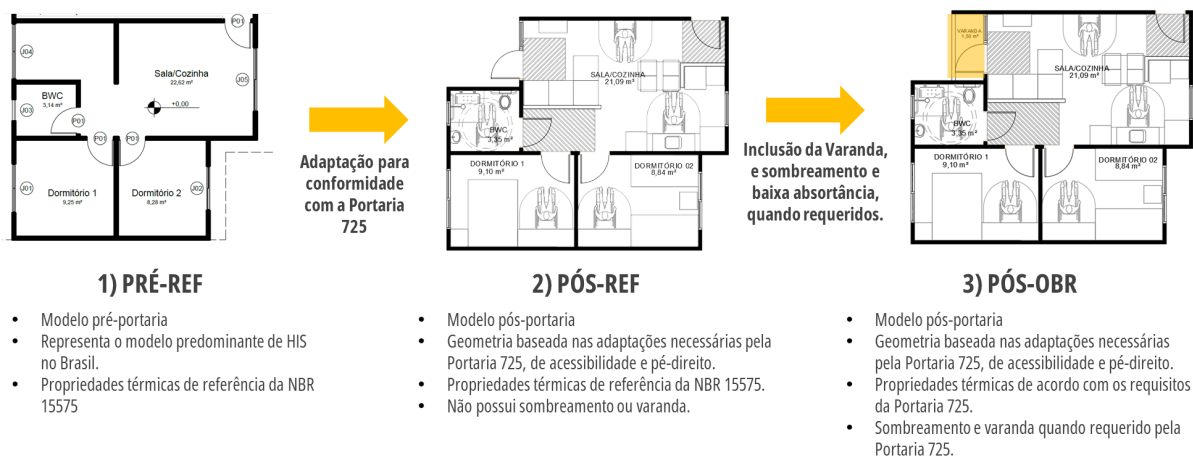


Figura 3 - Representação gráfica dos três modelos produzidos e suas principais diferenças (o exemplo mostra uma UH da tipologia Multifamiliar Sobreposta). Destaque em amarelo para a varanda no modelo “3) PÓS-OBR”.

O Apêndice 1 traz uma representação da modificação da planta baixa de todas as tipologias. A Tabela 1 apresenta um resumo das principais diferenças de área entre os modelos para cada tipologia.

Tabela 1 - Diferenças em área dos modelos pré e pós-portaria.

Tipologia	Pré-Portaria			Pós-Portaria		
	APP ¹ (m ²)	APT ² (m ²)	Área útil total (m ²)	APP ¹ (m ²)	APT ² (m ²)	Área útil total* (m ²)
Unifamiliar Isolada	36,39	4,09	40,48	37,07	4,21	41,28
Unifamiliar Geminada	39,25	3,37	42,62	36,7	4,25	40,95
Multifamiliar Sobreposta	40,15	3,14	43,29	39,03	3,35	42,38
Multifamiliar Formato H	39,53	3,14	42,67	39,35	3,13	42,48
Multifamiliar Linear	37,07	2,6	39,67	39,35	3,13	42,48

1 - APP = Ambiente de permanência prolongada, ou seja, sala e dormitórios.

2 - APT = Ambiente de permanência transitória, ou seja, banheiro.

* A área útil total foi calculada como sendo APP + APT, sem considerar a varanda. Ou seja, nos modelos Pós-Portaria, ainda deve ser acrescido 1,5 m² da varanda nos multifamiliares, para serem comparados ao critério de área máxima de 41,5 m² para apartamentos, conforme estabelece a Portaria 725.

Em suma, estabeleceu-se como premissa modificar o mínimo possível do modelo de referência a partir do que é obrigatório da norma. Além dos itens relativos à geometria que a Portaria 725 torna obrigatório, conforme supracitado, há também diferentes requisitos de propriedades térmicas de acordo com as zonas bioclimáticas (Tabela 2).

Tabela 2 - Requisitos obrigatórios relacionados às propriedades térmicas dos componentes construtivos.

Zona Bioclimática	Absortância solar máxima das paredes externas	Absortância solar máxima da cobertura	Veneziana nos dormitórios
ZB 1 a 3	-	0,6	Obrigatório
ZB 4 a 6	0,6	0,6	Obrigatório
ZB 7 a 8	0,4	0,4	Obrigatório

A partir das modificações mencionadas acima, foram então criados os modelos pós-portaria obrigatórios (denominados POS-OBR, Figura 4), que cumprem os requisitos obrigatórios, e a condição de referência destes modelos (denominados POS-REF). Os modelos POS-REF são os modelos pós-portaria na condição de referência, ou seja, considerando-se a absortância solar das paredes externas como 0,58, absortância solar da cobertura como 0,65, e desconsiderando-se elementos de sombreamento (venezianas ou varandas).



Figura 4 - Representação gráfica dos modelos pós-portaria (POS-OBR).

Resumindo, a partir dos cinco modelos pré-portaria (PRE-REF), foram gerados cinco modelos pós-portaria (POS-OBR) e seus respectivos modelos de referência (POS-REF). Todos os 15 modelos foram modelados considerando a Ventilação Natural e Ar-Condicionado (VN e AC). A partir desses modelos, foram geradas todas as combinações possíveis de acordo com os requisitos de análise para cada zona bioclimática. A Tabela 3 apresenta a relação de todos os modelos desenvolvidos.

Tabela 3 - Denominação dos modelos desenvolvidos neste estudo.

Unifamiliar Térrea Isolada	Unifamiliar Térrea Geminada	Multifamiliar Formato H	Multifamiliar Sobreposta Geminada	Multifamiliar Formato Linear
UT-PRE-REF-AC-ZB1A7	UG-PRE-REF-AC-ZB1A7	MH-PRE-REF-AC-ZB1A7	MS-PRE-REF-AC-ZB1A7	ML-PRE-REF-AC-ZB1A7

Unifamiliar Térrea Isolada	Unifamiliar Térrea Geminada	Multifamiliar Formato H	Multifamiliar Sobreposta Geminada	Multifamiliar Formato Linear
UT-PRE-REF-VN-ZB1A7	UG-PRE-REF-VN-ZB1A7	MH-PRE-REF-VN-ZB1A7	MS-PRE-REF-VN-ZB1A7	ML-PRE-REF-VN-ZB1A7
UT-PRE-REF-AC-ZB8	UG-PRE-REF-AC-ZB8	MH-PRE-REF-AC-ZB8	MS-PRE-REF-AC-ZB8	ML-PRE-REF-AC-ZB8
UT-PRE-REF-VN-ZB8	UG-PRE-REF-VN-ZB8	MH-PRE-REF-VN-ZB8	MS-PRE-REF-VN-ZB8	ML-PRE-REF-VN-ZB8
UT-POS-OBR-AC-ZB1A3	UG-POS-OBR-AC-ZB1A3	MH-POS-OBR-AC-ZB1A3	MS-POS-OBR-AC-ZB1A3	ML-POS-OBR-AC-ZB1A3
UT-POS-OBR-AC-ZB4A6	UG-POS-OBR-AC-ZB4A6	MH-POS-OBR-AC-ZB4A6	MS-POS-OBR-AC-ZB4A6	ML-POS-OBR-AC-ZB4A6
UT-POS-OBR-AC-ZB7A8	UG-POS-OBR-AC-ZB7A8	MH-POS-OBR-AC-ZB7A8	MS-POS-OBR-AC-ZB7A8	ML-POS-OBR-AC-ZB7A8
UT-POS-OBR-VN-ZB1A3	UG-POS-OBR-VN-ZB1A3	MH-POS-OBR-VN-ZB1A3	MS-POS-OBR-VN-ZB1A3	ML-POS-OBR-VN-ZB1A3
UT-POS-OBR-VN-ZB4A6	UG-POS-OBR-VN-ZB4A6	MH-POS-OBR-VN-ZB4A6	MS-POS-OBR-VN-ZB4A6	ML-POS-OBR-VN-ZB4A6
UT-POS-OBR-VN-ZB7A8	UG-POS-OBR-VN-ZB7A8	MH-POS-OBR-VN-ZB7A8	MS-POS-OBR-VN-ZB7A8	ML-POS-OBR-VN-ZB7A8
UT-POS-REF-AC-ZB1A7	UG-POS-REF-AC-ZB1A7	MH-POS-REF-AC-ZB1A7	MS-POS-REF-AC-ZB1A7	ML-POS-REF-AC-ZB1A7
UT-POS-REF-VN-ZB1A7	UG-POS-REF-VN-ZB1A7	MH-POS-REF-VN-ZB1A7	MS-POS-REF-VN-ZB1A7	ML-POS-REF-VN-ZB1A7
UT-POS-REF-AC-ZB8	UG-POS-REF-AC-ZB8	MH-POS-REF-AC-ZB8	MS-POS-REF-AC-ZB8	ML-POS-REF-AC-ZB8
UT-POS-REF-VN-ZB8	UG-POS-REF-VN-ZB8	MH-POS-REF-VN-ZB8	MS-POS-REF-VN-ZB8	ML-POS-REF-VN-ZB8

2.4. Premissas e critérios de padronização

De forma a garantir uma comparação fidedigna ao esperado na realidade, algumas premissas foram estabelecidas e critérios de padronização adotados, conforme detalhado a seguir.

- Em todos os modelos:
 - Utilizou-se o programa de simulação EnergyPlus, versão 24.1.
 - As portas 'de entrada do prédio' e janelas nas áreas comuns foram modeladas como sempre fechadas nas condições AC e VN.
 - Nos unifamiliares, a porta da área de serviço foi considerada sempre fechada (apesar de ser possível considerar operando como uma janela pela NBR 15575-1:2021).
- Nos modelos que representam os requisitos obrigatórios (PÓS-OBR):
 - Para as ZB1 a ZB3, a portaria recomenda usar $ABS \leq 0,6$ para paredes. Adotou-se exatamente 0,6 para paredes externas. Para cobertura, adota-se 0,6.
 - Para ZB4 a ZB6, a portaria recomenda usar $ABS \leq 0,4$ para paredes externas. Adotou-se exatamente 0,4. Para cobertura, adota-se 0,4 também.
 - Em todos os casos, utilizou-se a mesma absorvância solar para paredes externas e internas.
 - Para ZB7 e ZB8, não foi considerado isolamento na cobertura (como é requerido na condição de referência).
 - Como a Portaria requer o uso de sombreamento nas salas, foram utilizadas venezianas na sala apenas nos modelos unifamiliares das ZB7 e ZB8, uma vez que as multifamiliares já possuem varanda, e as demais ZBs não são requeridas pela portaria.
 - As varandas foram modeladas como elementos de sombreamento, possuindo parapeito de 1,1 m, e refletância solar como sendo um menos a absorvância solar especificada pela Portaria 725 para aquela zona bioclimática para paredes externas. Por exemplo, no caso do modelo para ZB8, a Portaria 725 especifica que as paredes externas devem possuir

absortância solar máxima de 0,4, então, a refletância solar do elemento de sombreamento que representa a varanda será $(1-0,4) = 0,6$.

- Nas venezianas, adotou-se a seguinte condição padronizada em todos os casos:
 - Material: alumínio de média refletividade (condutividade térmica: 221 W/mK, refletância solar e visível: frente = 0,5 / trás = 0,5)
 - Dimensão das aletas: sentido horizontal, com 5 cm de comprimento, 4 mm de espessura, espaçados a cada 3 cm, com ângulo de 45° em relação ao plano normal à esquadria.
 - Operação: de acordo com o critério da NBR 15575-1:2021, ou seja, abre-se a veneziana quando a temperatura de bulbo seco externa for menor que 26 °C, e fecha-se quando a temperatura de bulbo seco exterior for maior que 26 °C.

2.5. Simulação computacional

Foi utilizada simulação computacional para determinar o desempenho dos diferentes modelos testados. Utilizou-se o *software* EnergyPlus 24.1. O método de simulação foi empregado segundo a NBR 15575-1:2021. Este método considera dois cenários de operação da habitação: (i) Condicionado artificialmente (AC), (ii) ventilado naturalmente (VN).

São simulados estes dois cenários separadamente de forma integral, sendo que o cenário AC produz como dado de saída a carga térmica de resfriamento e aquecimento, e o cenário VN produz como dado de saída a temperatura operativa dos ambientes de permanência prolongada (APP). A partir de uma etapa de pós-processamento, é verificado se o ambiente deve ser contabilizado como condicionado artificialmente, ou naturalmente ventilado, dependendo da temperatura operativa do APP. A ventilação natural é utilizada considerando como critério a abertura de janelas quando a temperatura de bulbo seco no interior do APP é superior a 19 °C.

A partir do uso da ventilação natural, é calculado do Percentual de Horas dentro da Faixa de Temperatura (PHFT), considerada como faixa de conforto térmico. O PHFT é calculado a partir das horas ocupadas que a temperatura operativa está dentro dos seguintes intervalos:

1. para cidades com temperatura de bulbo seco média anual menor que 25 °C, o PHFT é considerado como o percentual de horas ocupadas em que a temperatura operativa nas APPs está entre 18 e 26 °C;
2. para cidades com temperatura de bulbo seco média anual maior que 25 °C e menor que 27 °C, o PHFT é considerado como o percentual de horas ocupadas em que a temperatura operativa nas APPs é inferior a 28 °C;
3. para cidades com temperatura de bulbo seco média anual maior que 27 °C, o PHFT é considerado como o percentual de horas ocupadas que a temperatura operativa nas APPs é menor que 30 °C.

O condicionamento de ar foi definido para aquecer ou resfriar os ambientes de permanência prolongada (Salas e Dormitórios) usando a abordagem de carga térmica ideal (*Ideal Loads*), com setpoint para aquecimento igual a 21 °C e para resfriamento igual a 23 °C. O sistema

só é ativado caso o APP esteja ocupado. Não foi considerada a renovação de ar junto com o condicionamento.

Outros detalhes de modelagem, como as propriedades térmicas dos componentes construtivos, *schedules* de operação para cada ambiente e as cargas geradoras de calor interno (pessoas, taxa metabólica, iluminação e equipamentos), foram adotados conforme orientação da NBR 15575-1:2021.

Os indicadores de desempenho utilizados foram: PHFT, carga térmica de aquecimento (somente para cidades no intervalo 1), carga térmica de resfriamento, temperatura operativa mínima (somente para cidades no intervalo 1), e temperatura operativa máxima.

Para definição do nível de desempenho, a edificação é modelada em duas condições: sua condição real e sua condição de referência. O nível de desempenho é determinado a partir da redução dos indicadores de desempenho que a condição real proporcionou em relação à condição de referência.

2.6. Climas

Para representar a variabilidade climática brasileira, todos os modelos foram rodados considerando as cidades representativas do novo zoneamento bioclimático brasileiro, que está descrito na NBR 15220:2023 (em consulta pública). A Tabela 4 apresenta um resumo dos climas utilizados. Foram utilizados os arquivos do tipo INMET, pois é a recomendação da NBR 15575-1:2021 para possibilitar a classificação do nível de desempenho com as escalas da referida norma.

Tabela 4 - Climas e arquivos climáticos considerados na análise.

Cidade, UF	Lat. (°)	Long. (°)	Alt. (m)	TBS,ma (°C)	UR,ma (%)	Inter. NBR 15575	ZB (NBR 15220-3 2023)	ZB (NBR 15220-3 2005)	Class. ASH-RAE 169	Class. Köppen	EPW
Canela, RS	-29,369	-50,828	837	16,98	80,40	1	1R	ZB1	3A	Cfb	BRA_RS_Canela.AP.869800_INMET
Curitiba, PR	-25,528	-49,176	919	17,25	82,46	1	1M	ZB1	3A	Cfb	BRA_PR_Curitiba.838420_INMET
Porto Alegre, RS	-29,994	-51,171	28	19,71	77,99	1	2R	ZB3	2A	Cfa	BRA_RS_Porto.Alegre.869880_INMET
São Paulo, SP	-23,509	-46,638	744	19,50	75,16	1	2M	ZB3	2A	Cfb	BRA_SP_Sao.Paulo.837810_INMET
Vitória da Conquista, BA	-14,883	-40,800	882	20,95	76,06	1	3A	ZB5	2A	Cfa	BRA_BA_Vitoria.da.Conquista-Figueiredo.AP.866970_INMET
Brasília, DF	-15,863	-47,913	1136	22,02	63,00	1	3B	ZB4	2A	Aw	BRA_DF_Brasilia.867150_INMET
Rio de Janeiro, RJ	-22,983	-43,183	11	23,81	79,81	1	4A	ZB8	1A	Am	BRA_RJ_Rio.de.Janeiro-Vila.Militar.868790_INMET
Goiânia, GO	-16,632	-49,221	781	23,55	63,98	1	4B	ZB6	1A	Aw	BRA_GO_Goiania.834230_INMET
Recife, PE	-8,050	-34,950	7	25,81	79,58	2	5A	ZB8	0A	Am	BRA_PE_Recife.819580_INMET
Cuiabá, MT	-15,617	-56,100	169	26,48	68,00	2	5B	ZB7	0A	Aw	BRA_MT_Cuiaba.867050_INMET
Fortaleza, CE	-3,776	-38,533	17	27,55	75,21	3	6A	ZB8	0A	As	BRA_CE_Fortaleza-Pinto.Martins.Intl.AP.817580_INMET
Palmas, TO	-10,191	-48,302	237	27,55	65,23	3	6B	ZB8	0A	Aw	BRA_TO_Palmas.866070_INMET

2.7. Análises

Para mensurar o impacto que os requisitos obrigatórios da Portaria MCID Nº 725, de 15 de junho de 2023 causaram nos modelos de referência de HIS, foram realizadas duas análises:

- Comparação 1 → O objetivo dessa análise foi mensurar o ganho efetivo em termos de redução de carga térmica (kWh/m².ano), aumento de PHFT (%), redução de temperatura operativa máxima (°C) e aumento da temperatura operativa mínima (°C), que os requisitos pós-portaria puderam proporcionar. Para isso, foram comparados os modelos PRÉ-REF e PÓS-OBR.
- Comparação 2 → O objetivo desta análise foi mensurar o nível de desempenho térmico dos modelos pós-portaria, ou seja, quanto os requisitos pós-portaria puderam elevar o nível de desempenho das habitações, segundo a NBR 15575:1-2021. Uma vez que toda a modelagem seguiu o critério da condição de referência (que proporciona o nível mínimo), espera-se que os requisitos elevem o nível para intermediário ou superior em alguns casos. Para isso, foram comparados os modelos PÓS-REF e PÓS-OBR.

A Figura 5 apresenta graficamente as análises e comparações efetuadas.

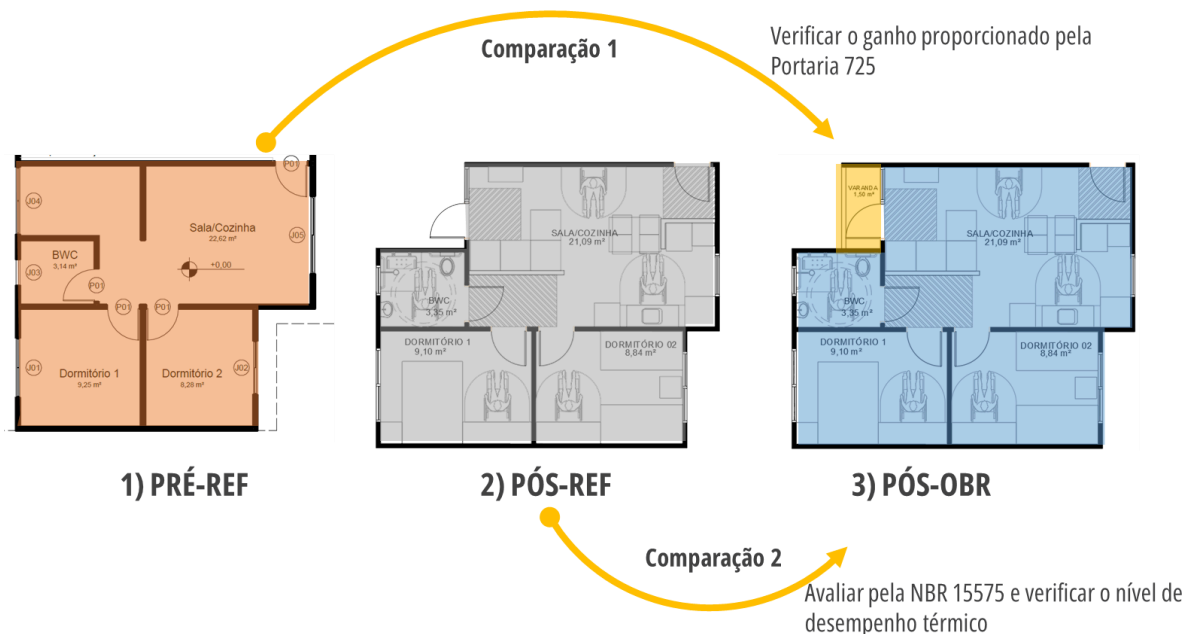


Figura 5 - Representação gráfica das análises realizadas (o exemplo mostra uma UH da tipologia multifamiliar sobreposta).

- Análise pareada → também foi realizada uma análise pareada comparando cada UH em uma condição anterior (PRÉ-REF) com a condição após os requisitos (PÓS-OBR), em análises de dispersão. Esta análise foi realizada para cada um dos indicadores de desempenho térmico da NBR 15575-1:2021, sendo eles: carga térmica total, PHFT, e temperaturas operativas máximas e mínimas. Além disso, um plano cartesiano cruzando o PHFT (no eixo das abcissas) e a carga térmica (no eixo das ordenadas) mostra a dispersão dos casos, identificando com cores dos resultados PRÉ-REF e PÓS-OBR.

3. RESULTADOS

3.1. Comparação 1

As Figuras 6 a 10 apresentam os resultados da comparação 1 para cada tipologia.

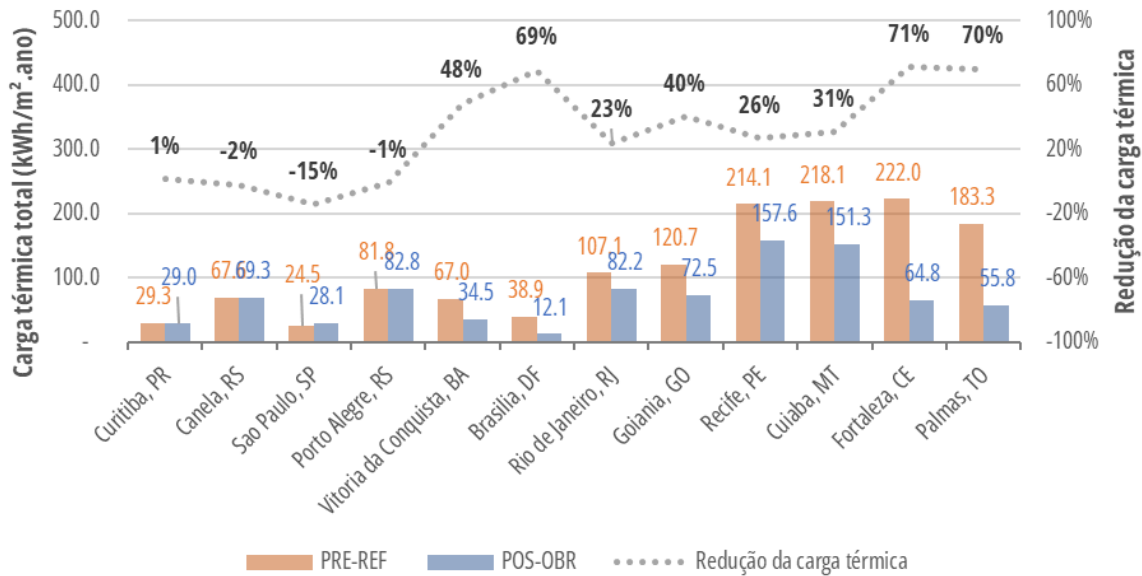


Figura 6 - Resultados da comparação 1 para unifamiliar Térrea Isolada.

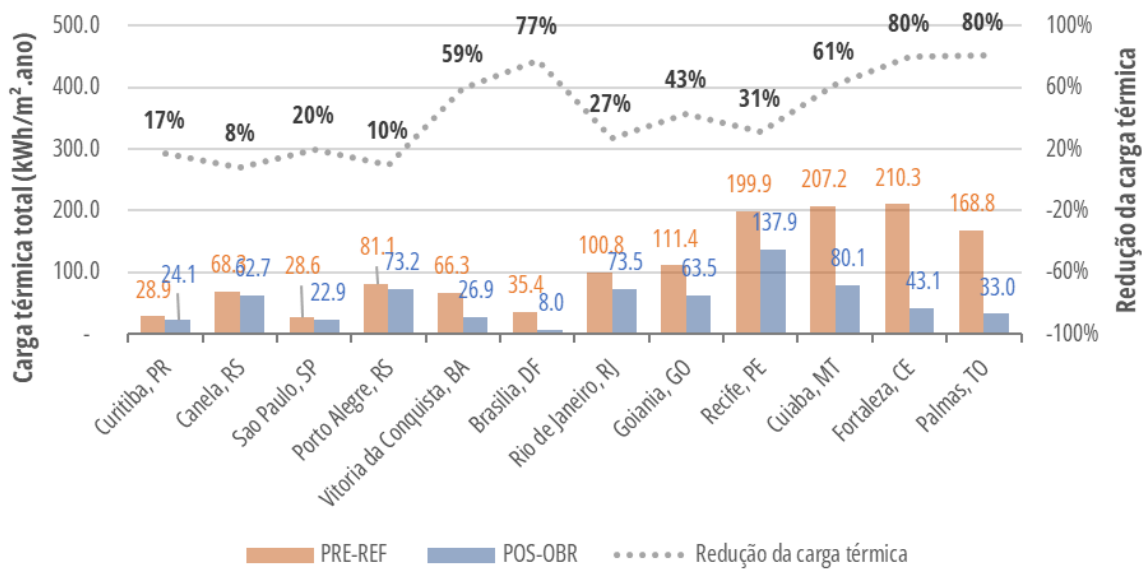


Figura 7 - Resultados da comparação 1 para unifamiliar geminada (média de todas as UHs).

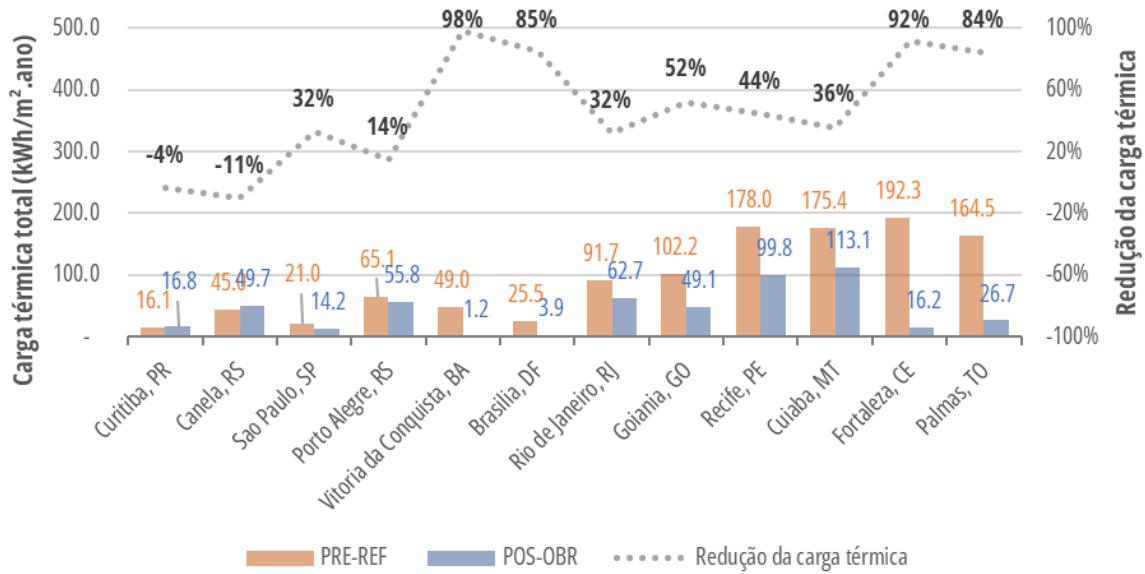


Figura 8 - Resultados da comparação 1 para multifamiliar formato H (média de todas as UHs).

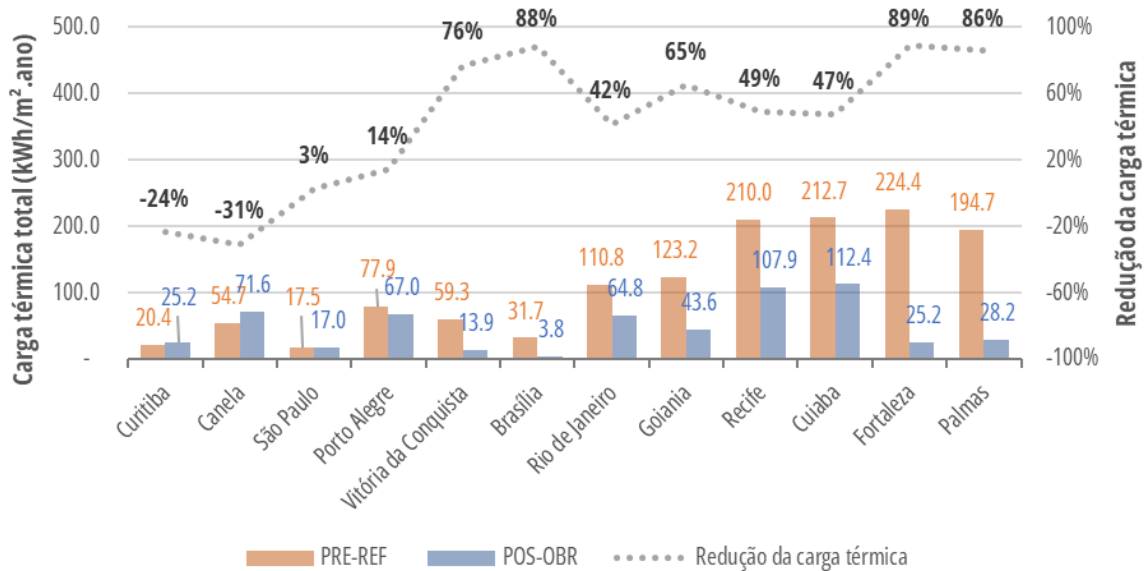


Figura 9 - Resultados da comparação 1 para multifamiliar sobreposta (média de todas as UHs).

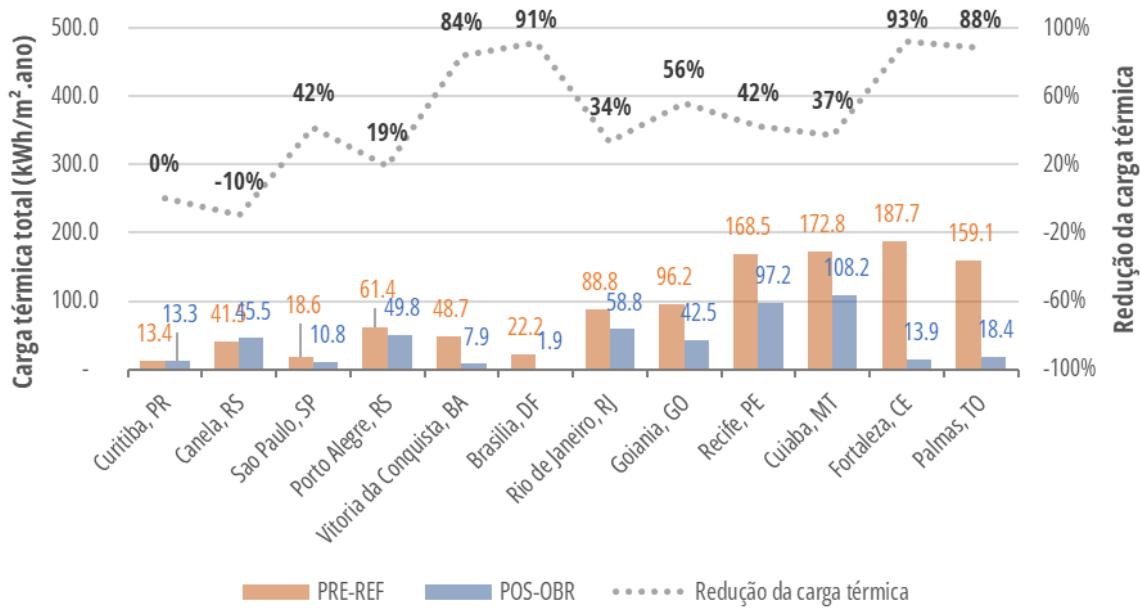


Figura 10 - Resultados da comparação 1 para multifamiliar linear (média de todas as UHs).

Observando-se as Figuras 6 a 10, é possível verificar que o impacto dos requisitos foi muito similar com relação à carga térmica, independente da tipologia. As cidades pertencentes às zonas bioclimáticas mais frias (Canela na ZB 1R e Curitiba na ZB 1M) apresentaram ou nenhuma redução ou até aumento da carga térmica, devido à necessidade de aquecimento. Isso ocorreu pois a inserção de varandas e de venezianas nos quartos aumentaram o sombreamento das UHs, o que não é uma estratégia de desempenho para os climas mais frios, uma vez que nestes climas, a entrada de radiação solar é benéfica, pois há demanda por aquecimento.

Nas demais zonas bioclimáticas, a redução de carga térmica foi significativa, variando 19% (para Porto Alegre) até 91% para Brasília. Como os requisitos de absorvância solar diferem de acordo com a zona bioclimática, a redução não foi crescente em relação ao aumento de condição mais quente das zonas bioclimáticas.

3.2. Comparação 2

As Figuras 11 a 15 apresentam os resultados da comparação 2 para cada tipologia. neste caso, o aumento do PHFT (linha tracejada) mostra uma comparação entre o caso PRE-REF e POS-OBR.

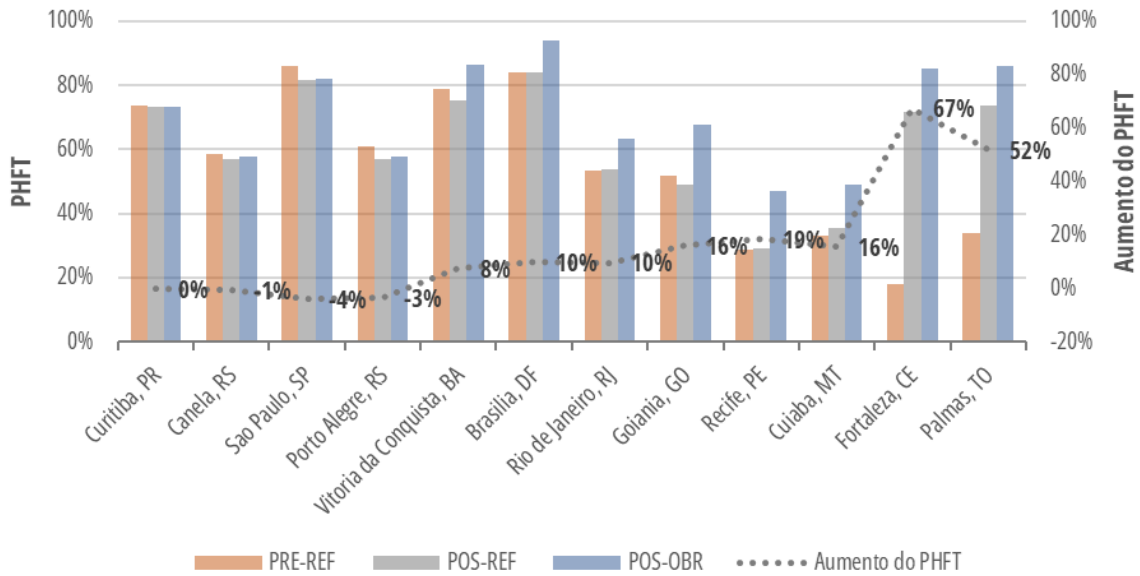


Figura 11 - Resultados da comparação 2 para unifamiliar térrea isolada.

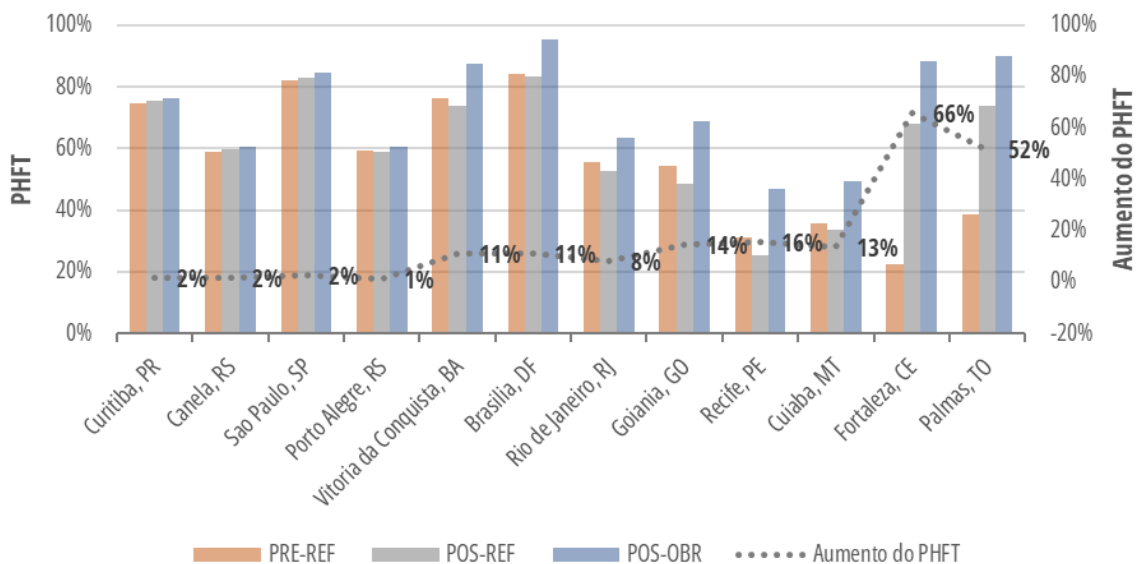


Figura 12 - Resultados da comparação 2 para unifamiliar geminada (média de todas as UHs).

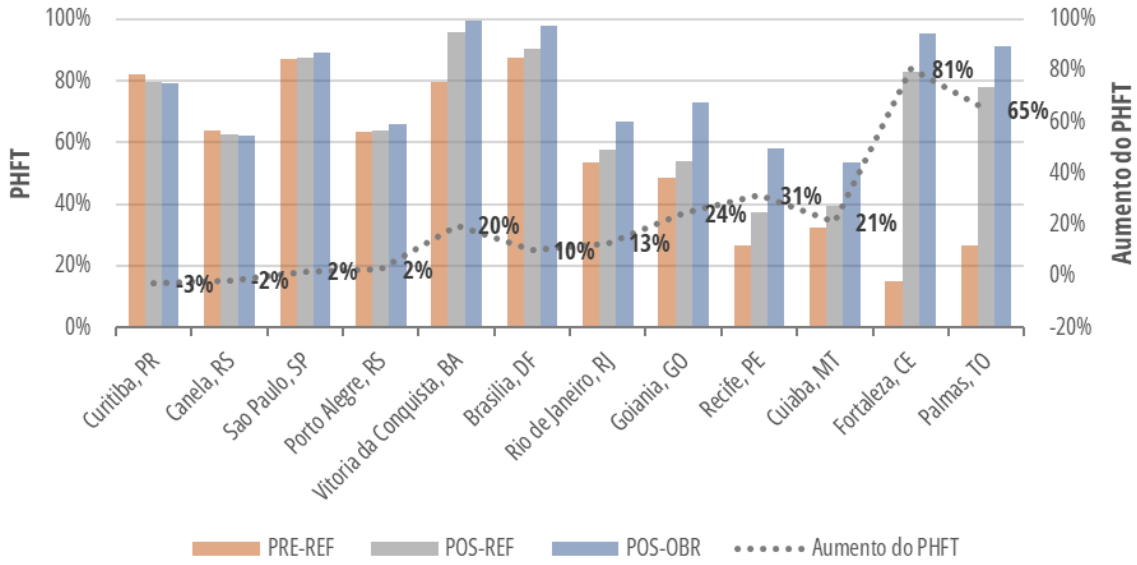


Figura 13 - Resultados da comparação 2 para multifamiliar formato H (média de todas as UHs).

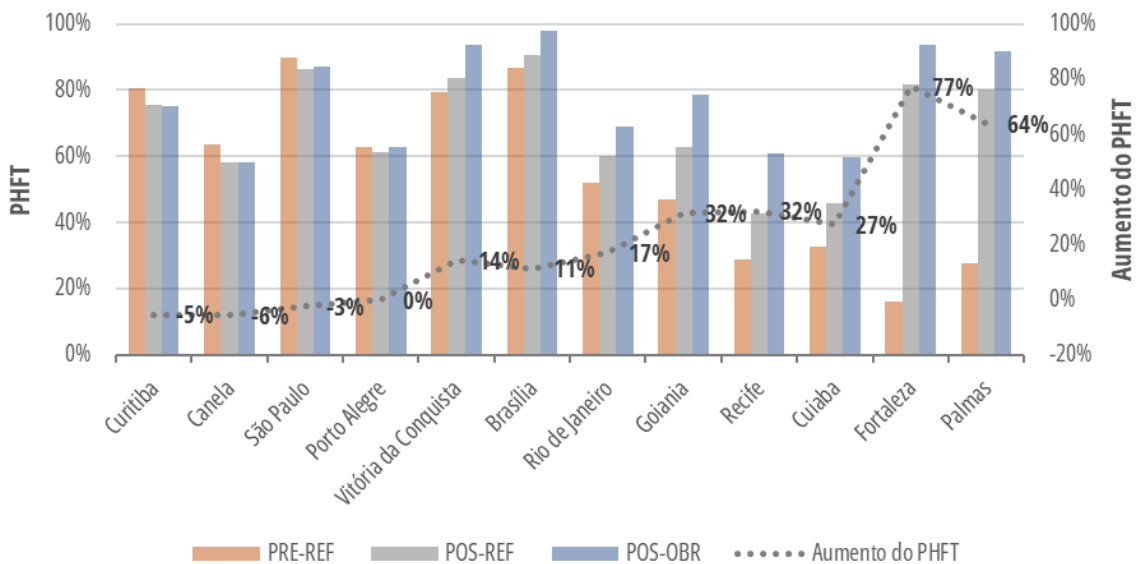


Figura 14 - Resultados da comparação 2 para multifamiliar sobreposta (média de todas as UHs).

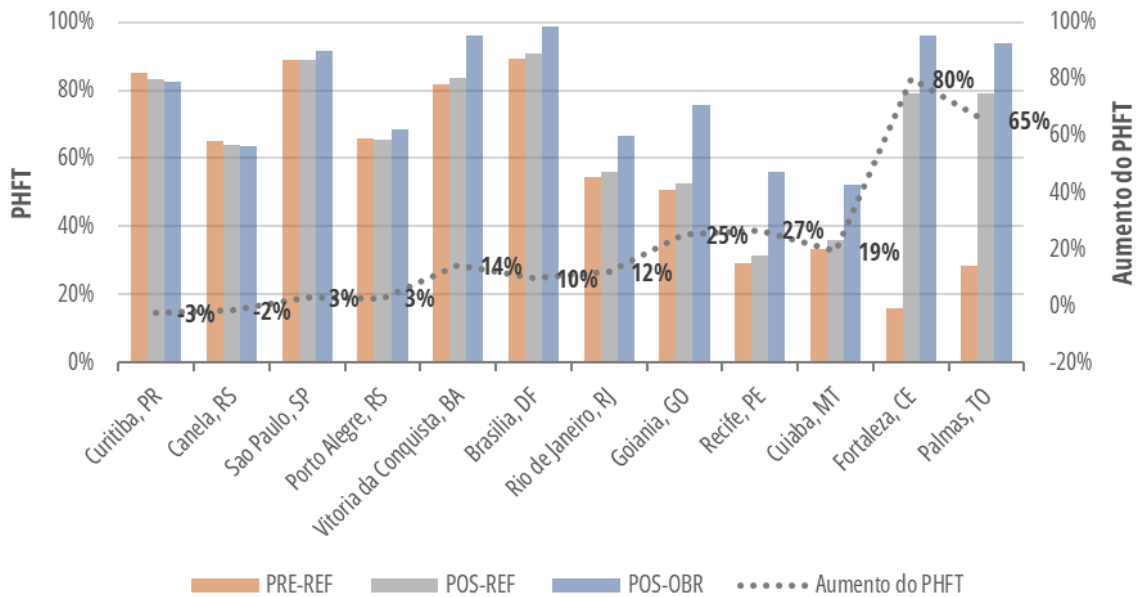


Figura 15 - Resultados da comparação 2 para multifamiliar linear (média de todas as UHs).

Observando-se as Figuras 11 a 15, é possível observar que os resultados para PHFT foram muito similares aos resultados para carga térmica, provenientes da Comparação 1. Ou seja, cidades mais frias apresentaram menor aumento ou até redução no PHFT (Canela e Curitiba), enquanto as cidades das demais zonas bioclimáticas apresentaram aumento significativo no PHFT, variando de 3% (São Paulo e Porto Alegre) a 80% (Fortaleza). É importante notar que o PHFT é afetado pela ventilação natural da edificação, que está relacionada com a variável climática de velocidade e direção dos ventos, muito importante para este indicador.

A Tabela 5 apresenta a frequência de UHs do modelo PÓS-OBR que tiveram a classificação do nível de desempenho térmico como superior (em verde) ou intermediário (em cinza). É possível observar a mesma tendência já observada na redução de carga térmica e PHFT. Além disso, nos climas mais quentes, os requisitos obrigatórios da portaria 725 foram suficientes para alcançar o nível superior em diversos casos.

Tabela 5 - Frequência das UHs do caso Pós-Obrigatório que atingiram Nível Superior ou Nível Intermediário na NBR 15575-11:2021, de acordo com cada tipologia e cidade.

Cidade, UF	Unifamiliar Isolada	Unifamiliar Geminada	Multifamiliar Sobreposta	Multifamiliar Formato H	Multifamiliar Linear
Curitiba, PR	0%	0%	0%	0%	0%
Canela, RS	0%	0%	0%	0%	0%
São Paulo, SP	0%	0%	100%	100%	58%
Porto Alegre, RS	0%	0%	0%	0%	0%
Vitória da Conquista, BA	100%	100%	100%	100%	100%
Brasília, DF	100%	100%	100%	100%	100%
Rio de Janeiro, RJ	0%	0%	100%	100%	33%

Cidade, UF	Unifamiliar Isolada	Unifamiliar Geminada	Multifamiliar Sobreposta	Multifamiliar Formato H	Multifamiliar Linear
Goiânia, GO	100%	100%	100%	100%	10%
Recife, PE	100%	100%	100%	33%	33%
Cuiabá, MT	0%	100%	100%	100%	0%
Fortaleza, CE	100%	100%	100%	100%	100%
Palmas, TO	100%	100%	100%	67%	67%

Legenda:

	Nível intermediário.
	Nível superior.

3.3. Análise pareada

A Figura 16 apresenta a dispersão dos casos considerando pontos de cada UH antes e após a modificação com os requisitos da Portaria 725.

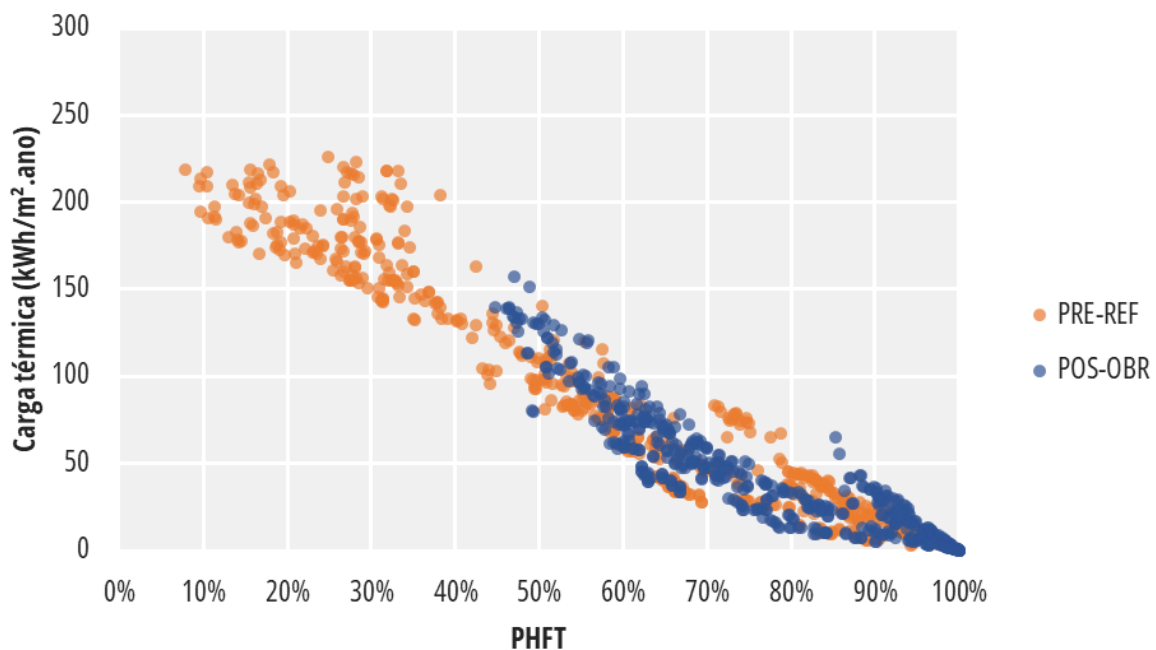


Figura 16 - Combinação de carga térmica e PHFT de cada UH, para os casos pós-obrigatório e pré-referência.

As Figuras 17 e 18 apresentam a combinação pareada dos indicadores de desempenho da NBR 15575-1 considerando a mesma UH antes e após a modificação com os requisitos da Portaria 725. Ou seja, o desempenho PRÉ-REF (no eixo das abscissas), e o desempenho PÓS-OBR (no eixo das ordenadas).

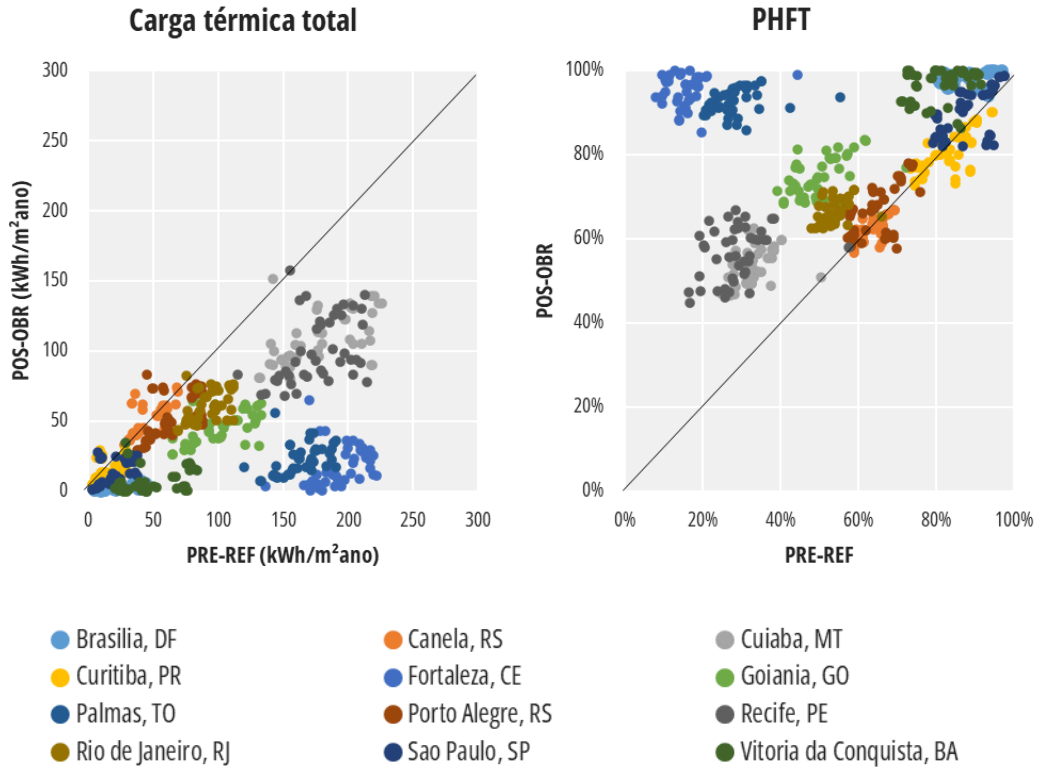


Figura 17 - Combinação pareada da carga térmica total e do PHFT de cada UH dos casos pós-obrigatório e pré-referência.

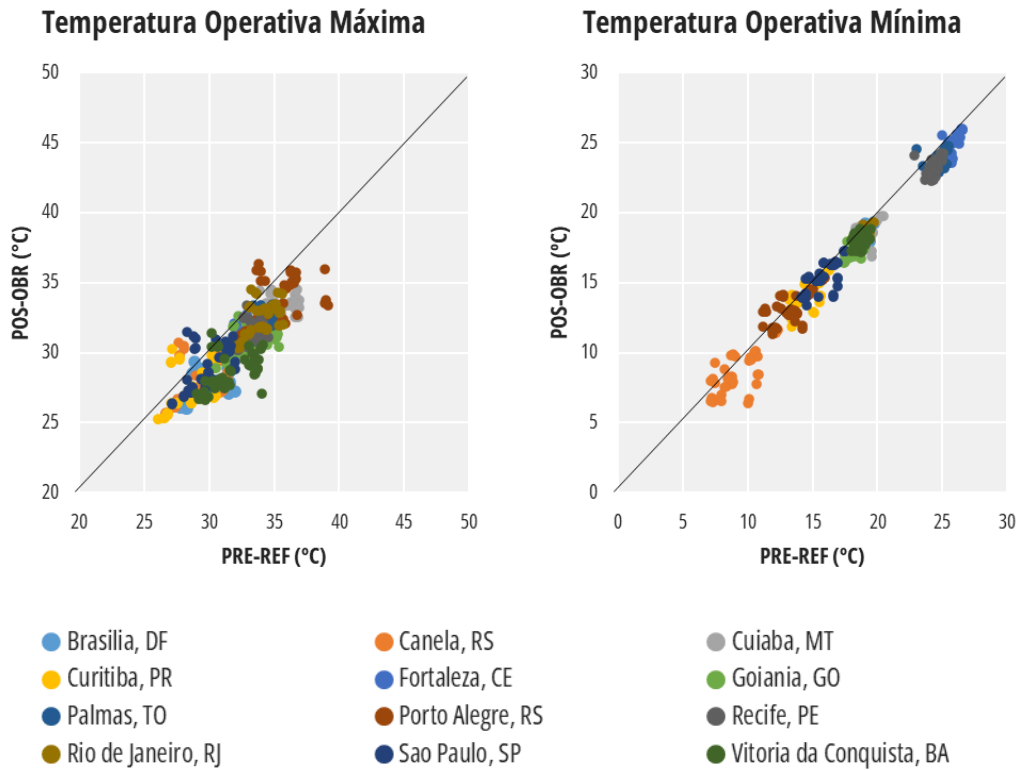


Figura 18 - Combinação pareada das temperaturas operativas máximas e mínimas de cada UH dos casos pós-obrigatório e pré-referência.

Uma importante conclusão é que o PHFT mínimo, de todos os casos, foi de 46% para o PÓS-OBR, enquanto para o caso PRÉ-REF foi de 10%. Em média, considerando todas as UHs testadas e para todos os climas testados, o PHFT médio foi de 57% para o caso PRÉ-REF e 78% para o caso PÓS-OBR. Em termos de carga térmica, a redução média de todas as UHs e climas foi de 55%, caindo de 93,69 kWh/m².ano para 41,63 kWh/m².ano. Isso também refletiu na redução da temperatura operativa máxima, que reduziu, em média de 32,25 °C para 30,43 °C.

A linha de referência diagonal representa o cenário onde a carga térmica, PHFT e temperaturas operativas antes da adaptação aos requisitos é igual aos indicadores após a adaptação aos requisitos. Pontos na linha indicam que a adaptação aos requisitos não teve efeito nesses indicadores. Ou seja, pontos abaixo da linha indicam uma redução na carga térmica e pontos acima da linha indicam um aumento na carga térmica após a adaptação aos requisitos.

No caso da Carga térmica total, 86% dos pontos se encontram abaixo da linha de referência diagonal, ou seja, indicando que houve uma redução da carga térmica na grande maioria dos casos. Resultados similares foram observados para o caso da temperatura operativa máxima, em que cerca de 93% dos pontos se encontram abaixo da linha de referência diagonal. No caso da temperatura operativa mínima, o resultado foi similar, 90% dos pontos abaixo da linha de referência diagonal, porém, indicando que os requisitos não aumentaram o desempenho para este indicador.

Com relação ao PHFT, é possível observar que cerca de 83% dos pontos se encontram acima da linha de referência diagonal (neste caso, a interpretação é ocntrária, pois oPHFT é um indicador positivo). Isto reforça a conclusão de aumento do desempenho de acordo com os indicadores para da NBR 15575:2021 para climas quentes.

É possível verificar que a maioria dos pontos está abaixo da linha diagonal, indicando que em muitos casos os requisitos resultaram em redução na carga térmica, aumento do PHFT e redução da temperatura operativa máxima da UH. Por outro lado, há alguns pontos acima da linha diagonal, mostrando que em alguns casos a intervenção resultou em um aumento na carga térmica. Isso ocorreu especialmente nas cidades com climas frios (Canela e Curitiba), indicando que a carga térmica adicionada é de aquecimento. O mesmo se observou com relação ao PHFT.

A carga térmica antes da adaptação aos requisitos varia bastante, desde valores próximos a zero até cerca de 225 kWh/m².ano. Após a adaptação aos requisitos, os valores também variam amplamente (de 0 a 150 kWh/m²), mas com uma tendência geral de redução.

Em suma, a análise pareada sugere que a adaptação aos requisitos tende a reduzir a carga térmica, aumentar o PHFT e reduzir a temperatura operativa máxima, como indicado pela maior concentração de pontos abaixo da linha de referência. No entanto, a eficácia da adaptação aos requisitos varia, com alguns casos mostrando aumentos na carga térmica pós-adaptação e redução da temperatura operativa mínima.

4. CONCLUSÕES

Neste relatório foi avaliado o impacto da Portaria do Ministério das Cidades nº 725, de 15 de junho de 2023 nos modelos de referência de habitações de interesse social brasileiras de cinco tipologias diferentes e em 12 cidades pelo Brasil, que representam cada uma das zonas bioclimáticas a partir da NBR 15220-3:2024.

Utilizou-se como base os modelos de referência desenvolvidos pelo projeto hab.labeeee, que unem as características de projeto arquitetônico (área, área de aberturas, disposição dos ambientes) obtidos a partir da tese de Triana (2016) e as propriedades térmicas da condição de referência da norma de desempenho (Parte 1, Seção 11 - Desempenho Térmico) para atribuir os aspectos construtivos das paredes, coberturas, vidros, lajes e operações. Portanto, os modelos de referência, denominados PRÉ-REF, resumem as características preponderantes do estoque de edificações de HIS em cinco tipologias: unifamiliar térrea, unifamiliar geminada, multifamiliar em formato H, multifamiliar sobreposta e multifamiliar linear.

A partir disso, esses modelos de referência foram adaptados para incorporar os requisitos obrigatórios da Portaria 725 do Ministério das Cidades, gerando os modelos PÓS-OBR. As principais modificações que os requisitos obrigatórios trazem são: a obrigatoriedade de todos os ambientes serem passíveis de se tornarem acessíveis para pessoa com deficiência, a obrigatoriedade de varanda em edificações multifamiliares, o uso de cores nos revestimentos externos (parede e cobertura) com absorvâncias adequadas de acordo com a Zona Bioclimática, a obrigatoriedade de venezianas nas janelas dos quartos, e no caso das unifamiliares, nas salas, e o aumento do pé-direito.

Após isso, os modelos PÓS-OBR foram adaptados para a condição de referência da NBR 15575-1:2021, para poder mensurar o nível de desempenho térmico da UH, compondo os modelos PÓS-REF. Essa adaptação é necessária, pois para incorporar os requisitos de acessibilidade, houve a necessidade de adequação de área útil de alguns ambientes

Foram feitas três comparações: a comparação 1, que comparou os modelos PRÉ-REF e PÓS-OBR em termos dos indicadores anuais da NBR 15575 para a média das UHs da tipologia, buscando mensurar o impacto efetivo que os requisitos causaram (é importante mencionar que os indicadores foram normalizados pela área, quando necessário, para que a comparação seja justa); a comparação 2 comparou os modelos PÓS-REF e PÓS-OBR, realizando a avaliação do desempenho do modelo após a incorporação e apresentando qualitativamente o nível de desempenho térmico; a análise pareada, que comparou os modelos PRÉ-REF e PÓS-OBR para cada UH.

Os resultados de todas as análises apresentaram tendências similares: no geral, os requisitos da Portaria 725 aumentaram significativamente o desempenho térmico das unidades habitacionais, e foram especialmente efetivos nos climas mais quentes do Brasil. Para os climas mais frios do Brasil (aqui representados por Canela e Curitiba), houve um aumento de carga térmica de aquecimento devido ao aumento de sombreamento da edificação, porém, os requisitos também são benéficos na estação quente desses climas.

Além disso, é importante mencionar que a Portaria 725 também traz uma série de requisitos adicionais, que podem ser adotados ou não pelos empreendedores nos novos conjuntos habitacionais do PMCMV. Neste relatório, não foram avaliados os requisitos adicionais, uma vez que eles podem gerar diversas combinações e propõem adequações de propriedades térmicas da envoltória (transmitância térmica, capacidade térmica, e absortância).

Por fim, entende-se que os requisitos obrigatórios da Portaria 725 se mostraram eficazes na melhoria do desempenho térmico das habitações de interesse social, contribuindo para a eficiência energética e conforto térmico das edificações no Brasil.

REFERÊNCIAS

BRASIL, LEI Nº 11.977, DE 7 DE JULHO DE 2009. 2024a Disponível em:

https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2009/lei/l11977.htm

BRASIL. Webiste do Ministério das Cidades. 2024b Disponível em:

<https://www.gov.br/cidades/pt-br/assuntos/materias/programa-minha-casa-minha-vida>

BRASIL, Website do Ministério das Cidades. 2024c. Disponível em:

<https://www.gov.br/cidades/pt-br/acao-a-informacao/acoes-e-programas/habitacao/programa-minha-casa-minha-vida/portarias-far-2023>

BRASIL. Portaria MCID Nº 725, de 15 de junho de 2023. 2023. Disponível em:

<https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-mcid-n-725-de-15-de-junho-de-2023-490336615>

ABNT. NBR 15575-11. Edificações habitacionais - Desempenho - Parte 11. 2021.

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

<https://doi.org/10.1016/j.enpol.2015.08.041>

LabEEE, Veiga, C., Bagio, J., Geraldi, M., Triana, M. A., Ana Paula, M., & Lamberts, R. (2024). Reference Models for Brazilian Social Housing Pre-2023. Zenodo.

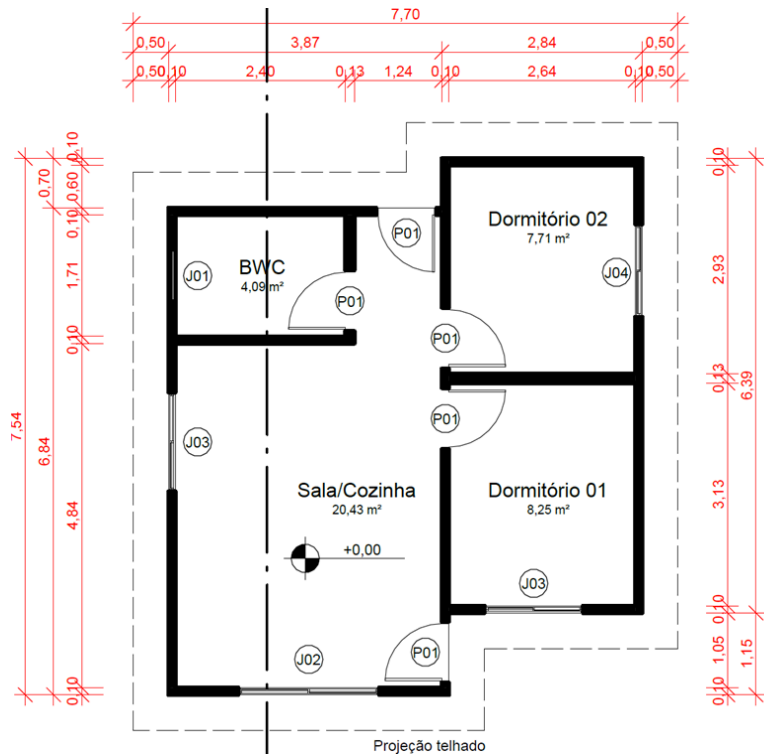
<https://doi.org/10.5281/zenodo.12209191>

APÊNDICE 1 - PLANTA BAIXA DA ADAPTAÇÃO DOS MODELOS

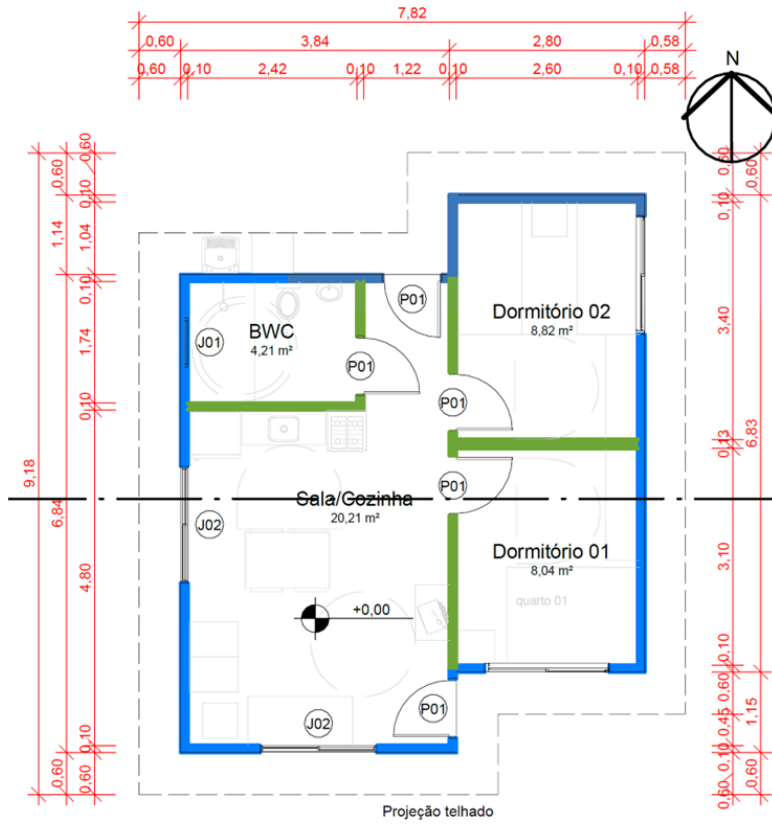
Nota: Todas as plantas completas e com detalhes estão disponíveis para download no portal do projeto hab.labeee (<https://hablabeee.ufsc.br/>).

UNIFAMILIAR TÉRREA ISOLADA

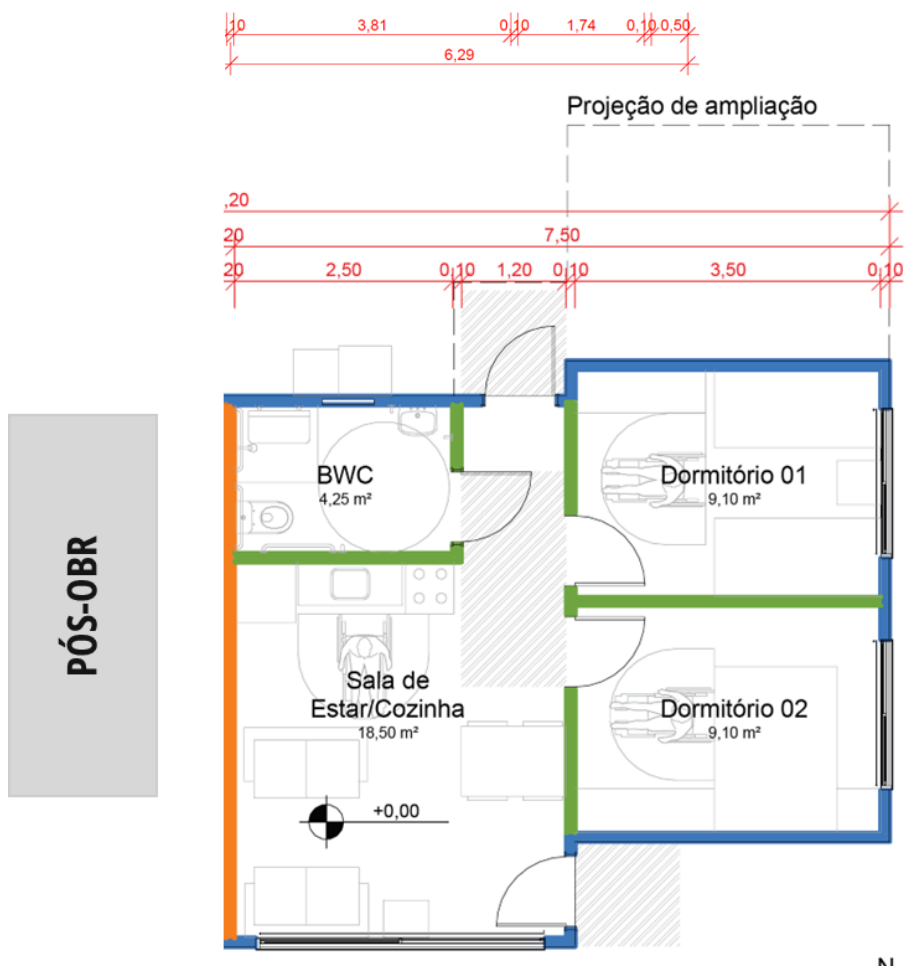
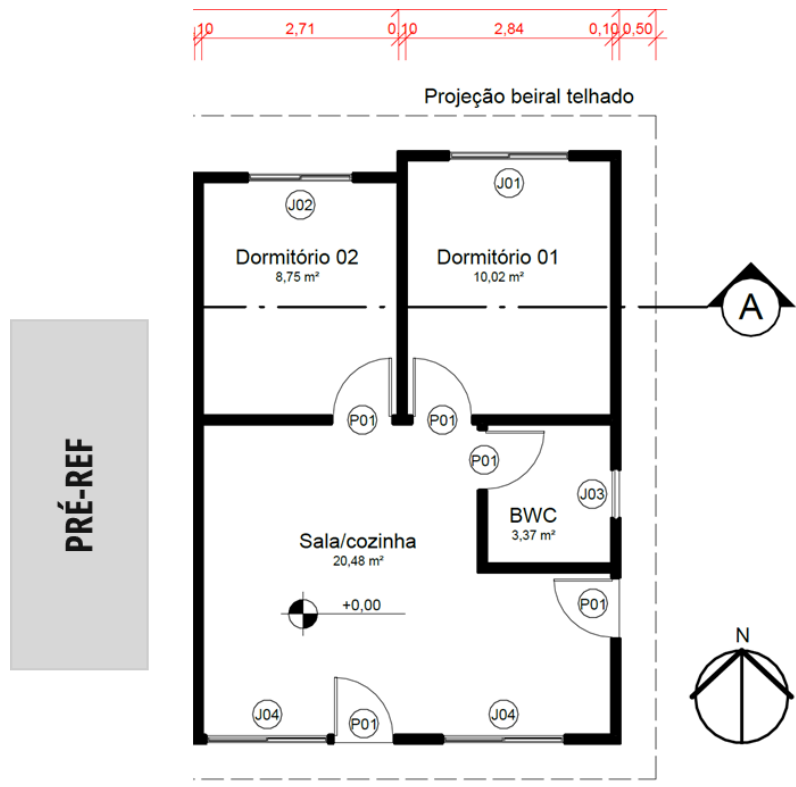
PRÉ-REF



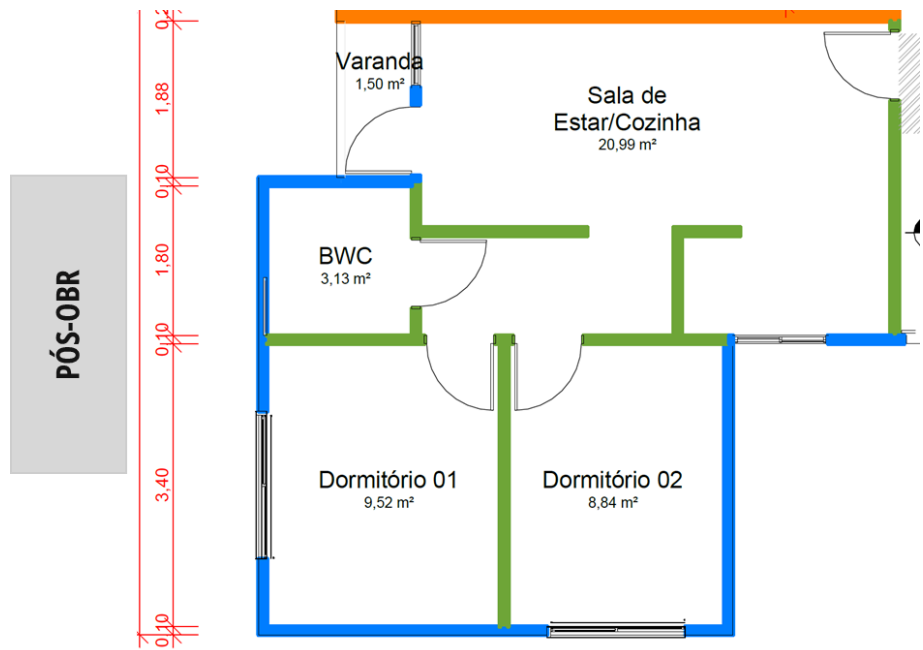
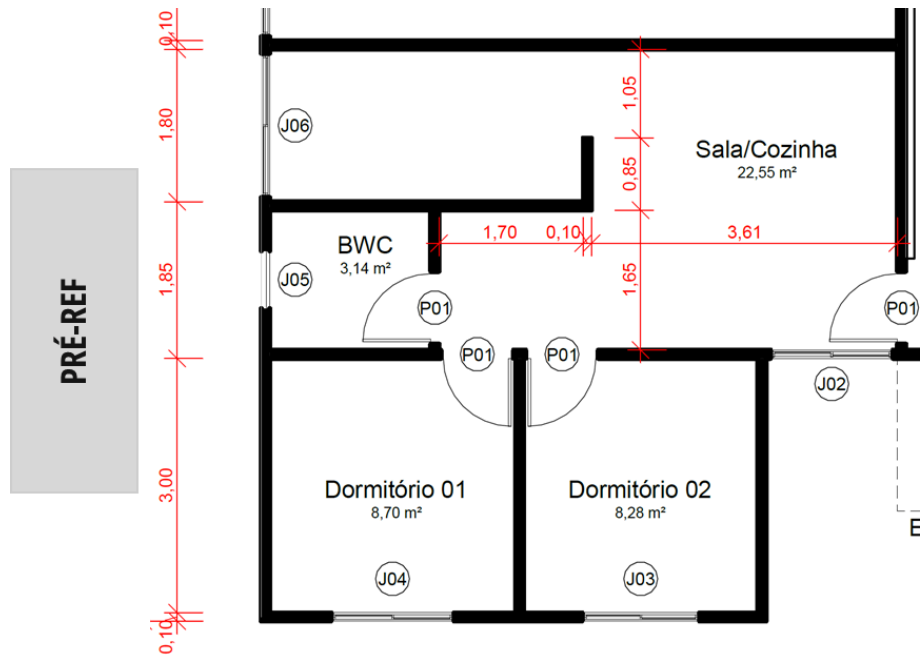
PÓS-OBRA



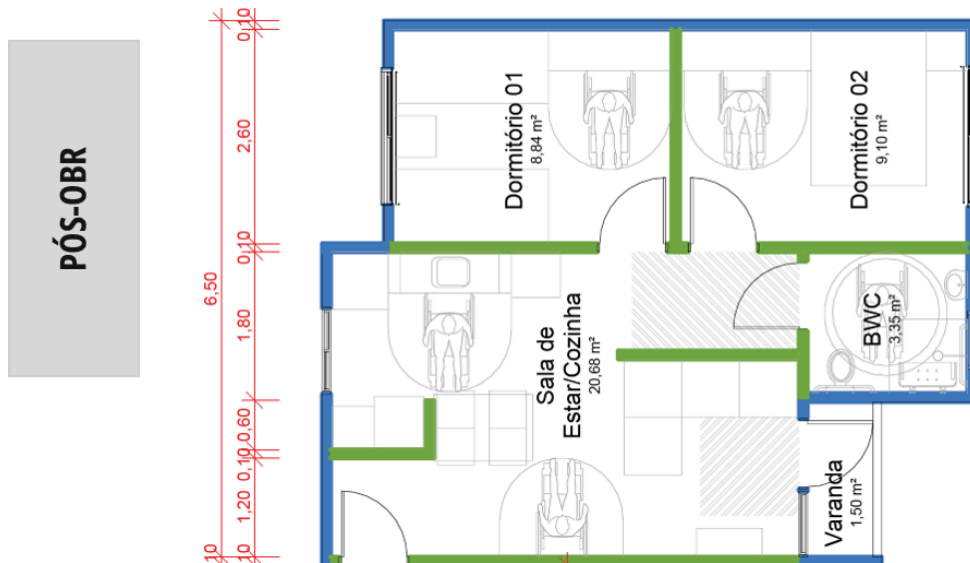
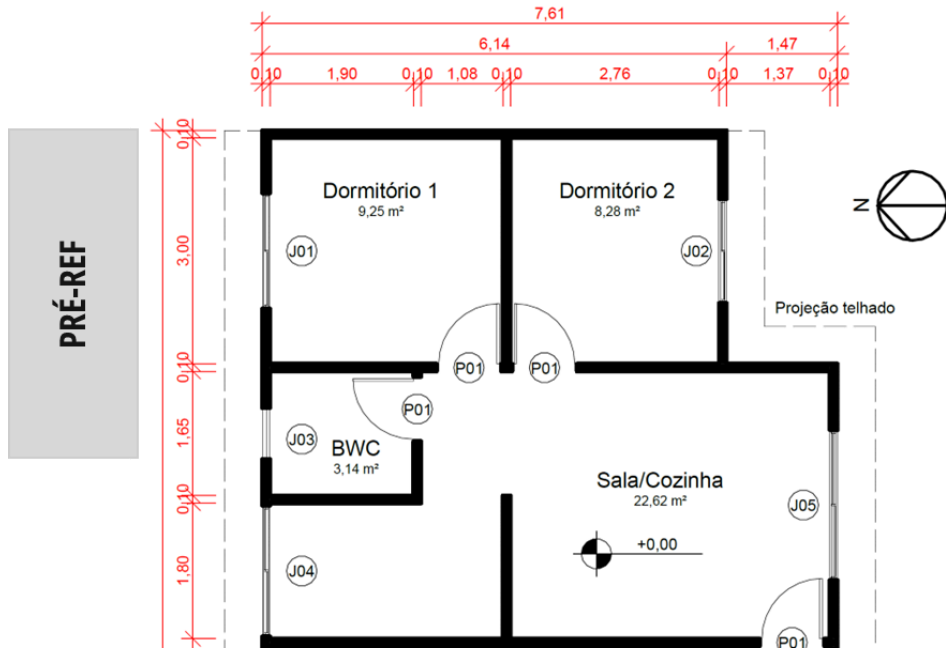
UNIFAMILIAR GEMINADA



MULTIFAMILIAR FORMATO H



MULTIFAMILIAR SOBREPOSTA GEMINADA



MULTIFAMILIAR LINEAR

