DESEMPENHO TÉRMICO ASSOCIADO AO ENVELHECIMENTO DE FACHADAS EM EDIFICAÇÕES MULTIFAMILIARES NAS ZONAS BIOCLIMÁTICAS 5 A 8

Fernando Sá Cavalcanti (1); Leonardo Marques Monteiro (2)
(1) Arquiteto e Urbanista, Doutor em Arquitetura e Urbanismo, fernando.antonio@fau.ufal.br, Universidade Federal de Alagoas, Maceió-AL.
(2) Arquiteto e Urbanista, Doutor em Arquitetura e Urbanismo, leo4mm@usp.br, Universidade de São Paulo, São Paulo-SP.

RESUMO
Este artigo apresenta uma análise do desempenho térmico de uma edificação padrão (multifamiliar vertical) na tipologia "H" considerando o envelhecimento dos sistemas de fachadas ao longo dos anos para quatro zonas bioclimáticas brasileiras seguindo os requisitos da norma de desempenho para edificações ($PHFT_{UH}$ e $To_{máx}$). Além do desgaste natural pelas intempéries proposto pela normativa brasileira, foi investigado o desempenho destas edificações em cenários climáticos futuros, para 2050 e 2080 o que representa uma avaliação considerando o período de vida útil destes sistemas. Esta avaliação se deu por meio de simulações computacionais para três padrões de absortância e seu comportamento ao longo deste período utilizando o software energyplus. Os resultados apontam que para cores claras o desempenho térmico desta edificação se comportou de modo satisfatório ao longo dos anos, no entanto, embora a $TO_{máx}$ tenha obtido valores dentro do estabelecido em norma, o $PHFT_{UH}$ não se comportou da mesma forma, o que pode comprometer o uso e ocupação destes espaços, principalmente para fachadas com cores médias e escuras.

Palavras-chave: absortância térmica, vida útil de projeto, energyplus, NBR-15575.

ABSTRACT
This paper presents an analysis of the thermal performance of a standard building (multifamily vertical) in typology "H" considering the aging of facade systems over the years for four brazilian bioclimatic zones following the requirements of the performance standard for buildings ($PHFT_{UH}$ and $To_{máx}$). In addition to the natural weathering proposed by the Brazilian regulations, the performance of these buildings in future climate scenarios was investigated, for 2050 and 2080, which represents an evaluation considering the useful life of these systems. This evaluation was carried out through computer simulations for three absorbance patterns and their behavior over this period using the energyplus software. The results indicate that for light colors the thermal performance of this building has behaved satisfactorily over the years, however, although the TO_{max} has obtained values within the established norm, the $PHFT_{UH}$ has not behaved in the same way, which may compromise the use and occupation of these spaces, mainly for facades with medium and dark colors.

Keywords: thermal absorbance, design lifetime, energyplus, NBR-15575.

1. INTRODUÇÃO

O Brasil tem vivido um período de crescimento na indústria da construção civil, Ghinis e Fochezatto (2013) identificaram que este setor é o que mais afeta na redução da pobreza quando comparado com outras atividades econômicas, por exemplo, do setor agrícola. Muito deste crescimento é fruto dos programas de governo que incentivam a construção civil como vetor de impulsionamento da economia. O programa Minha Casa Minha Vida (PCMMV) foi criado em 2009, passando a se chamar programa Casa Verde e Amarela em 2021 e retornando à sua denominação inicial em 2023 (BRASIL, 2009; BRASIL, 2021; BRASIL, 2023), criando empregos no setor da construção civil e contribuindo para o desenvolvimento econômico do país (TRZCINSKI; AMARAL, 2019).

Atualmente existem duas normas brasileiras que tratam de desempenho térmico de edificações. A primeira refere-se ao desempenho térmico em edificações (ABNT, 2005), e tem como objetivo promover a produção de habitações com uma maior qualidade ambiental do ponto de vista térmico além de dividir o Brasil em oito zonas bioclimáticas. Já a NBR 15575, lançada em 2013 e revisada em 2021, insere o desempenho térmico como um dos quesitos a serem atendidos para obtenção de um alto nível de desempenho de edificações habitacionais (ABNT, 2021). Além de tratar de desempenho térmico, esta norma estabelece que as edificações devem atender aos requisitos estabelecidos durante todo o período de vida útil de projeto (VUP) e define valores para este tempo em cada sistema construtivo. No caso de sistemas de vedação vertical externa, este período é de 40 anos.

Para o envelhecimento de sistemas de fachadas e variação da absortância destas superfícies, ainda há poucos estudos realizados no Brasil, no entanto, a NBR-15575 (ABNT, 2021) especifica a equação 1 para estimar o envelhecimento das superfícies considerando um período de 3 anos e a variação da absortância térmica. Esta equação apresentou uma correlação alta (R^2=0,9346) em relação aos dados medidos aos 24 meses por Araújo (2022).

$$\alpha_3 = 0{,}07 * (\alpha_0)^2 + 0{,}59 * \alpha_0 + 0{,}27 \qquad \text{Equação 1}$$

Além do processo natural de envelhecimento dos sistemas construtivos, ocorrem as mudanças climáticas ao longo dos últimos anos que têm provocado diferentes cenários climáticos podendo colocar em risco muitas pessoas ao redor do mundo. O risco de condições climáticas extremas, como ondas de calor, secas, inundações, elevação do nível do mar, perda de biodiversidade e outros fatores, colocam em risco grande parte da população. Principalmente, aqueles que vivem em regiões de baixa renda do mundo (países subdesenvolvidos e em desenvolvimento) são mais afetados pelas mudanças climáticas (IPCC, 2018).

Cavalcanti (2020) afirma ao comparar transmitância e absortância para uma edificação padrão que a solução mais barata para reduzir o desconforto térmico em uma edificação seria utilizar materiais com baixa absortância nas fachadas em comparação com o investimento para isolamento térmico, no entanto, esta estratégia exige manutenção e acompanhamento ao longo dos anos em virtude de seu desgaste natural.

A envoltória das edificações sofre alteração de algumas de suas propriedades termofísicas com a ação do tempo, como identificado por Synnefa, Santamouris e Apostolakis (2007) quando observaram que a refletância solar e a emitância térmica de uma superfície exposta ao meio externo podem variar ao longo do tempo em decorrência do envelhecimento, intemperismo e sujeira. Esta alteração foi verificada de forma mais evidente na refletância e absortância das superfícies.

Neste sentido, diversos estudos vêm investigando impacto do processo de envelhecimento das superfícies e a variação da absortância ao longo do tempo. Krelling et al (2019) investigaram o envelhecimento da telha branca que provocou uma redução de 12,3% da refletância e um aumento de 10,7% da emitância, no entanto, a limpeza da amostra melhorou o desempenho térmico da edificação, com redução de 13,4% da carga anual de refrigeração em relação à amostra envelhecida.

Diversos estudos também trataram do envelhecimento de telhas e sua relação com a variação da absortância solar (BERDAHL; BRETZ, 1997; BERDAHL et al., 2008; BRETZ; AKBARI, 1997; DORNELLES; SICHIERI, 2014; LEVINSON; BERDAHL; AKBARI, 2005; WERLE; LOH; JOHN, 2014; COELHO, GOMES e DORNELLES, 2017; TAKEBAYASHI et al, 2016; LOUZICH et al, 2016). Araújo e Dornelles (2022) produziram uma estação de envelhecimento natural para avaliação dos efeitos da degradação da absortância solar ao longo do tempo sobre o desempenho térmico de telhas e avaliaram os resultados ao longo de 24 meses de exposição e assim como outros estudos, comprovaram que a exposição de coberturas às intempéries altera as características iniciais de absorção dos materiais, além da modificação de cor, perda de brilho, empolamento, entre outras propriedades dessas superfícies.

Diante destes aspectos, vale ressaltar a importância de investigar os efeitos da ação do tempo nas fachadas e seu impacto no desempenho térmico das edificações, considerando o longo período de financiamento imobiliário e o período de VUP estabelecido pelas normas brasileiras.

2. OBJETIVO

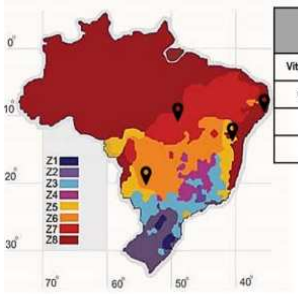
Este artigo pretende apresentar uma avaliação do desempenho térmico para uma edificação multifamiliar padrão, considerando os parâmetros estabelecidos na NBR-15575 (ABNT, 2021) e discutir o impacto do envelhecimento do sistema de fachadas quanto à absortância, considerando as mudanças climáticas em cenários futuros de 2050 e 2080.

3. MÉTODO

Para a realização deste trabalho, optou-se pelo procedimento de simulação computacional utilizando o software *energyplus*® em sua versão 9,3 e foi dividido conforme as etapas descritas a seguir.

3.1. Cidades simuladas e caracterização climática

Foram selecionadas quatro cidades brasileiras, localizadas entre as zonas bioclimáticas 5 e 8 (uma cidade para cada zona bioclimática), conforme o zoneamento definido pela NBR-15220 (ABNT, 2005). Estas cidades foram escolhidas a partir da disponibilidade de arquivo climático com extensão epw e a figura 1 apresenta suas localizações, indicando a zona bioclimática e o intervalo de temperatura estabelecido pela NBR-15575 (ABNT, 2021) além do perfil anual com as médias mensais de temperatura e zona de conforto para cada uma delas, considerando o cenário atual.



CIDADE0	ZB	INTERVALO DA NBR-15575	REGIÃO
Vitória da Conquista - BA	05	1	NORDESTE
Campo Grande - MS	06	1	CENTRO OESTE
Palmas - TO	07	2	NORTE
Maceió - AL	08	2	NORDESTE

Figura 1 – Localização e indicação das características gerais das cidades simuladas (Adaptado de ABNT, 2005 e ABNT, 2021)

Após a definição das cidades, dois novos arquivos climáticos foram gerados para cada uma delas considerando as variações estimadas ao longo do tempo pela ferramenta *CCWorldWeatherGen*® produzido pela Universidade de Southampton (JENTSH, 2010) que possibilitou verificar os cenários para 2020, 2050 e 2080 levando em consideração todo o período de VUP para os sistemas de fachadas.

3.2. Descrição do modelo digital

Para este estudo, foi considerada como padrão, uma edificação multifamiliar projetada na tipologia "H" com 04 pavimentos (térreo, 02 pavimentos intermediários e um pavimento na cobertura) e 04 apartamentos por pavimento. As unidades habitacionais foram inseridas no bloco de modo espelhado e com as mesmas dimensões entre si.

Esta tipologia padrão é composta por unidades habitacionais (UH) com dois dormitórios, uma sala e cozinha integrados e um banheiro, com 41,85 m² de área total e 2,40 m de pé direito. Para este estudo, considerou-se a implantação em que as aberturas se encontram voltadas para o eixo leste-oeste (Figura 2a), possibilitando investigar orientações distintas para a unidade padrão e o comportamento térmico ao longo dos anos, considerando as mudanças climáticas e o ciclo de vida útil das edificações.

Foram considerados também para a análise, 12 apartamentos, sendo 04 no pavimento térreo, 04 no segundo piso (aqui chamado de pavimento intermediário) e 04 no quarto piso (pavimento de cobertura) em todas as orientações disponíveis no modelo (Figura 2b). Os ambientes de permanência prolongada (APP) considerados neste estudo foram uma sala/cozinha e dois dormitórios, sendo um de casal e um de solteiro, conforme apresentado na figura 2c.

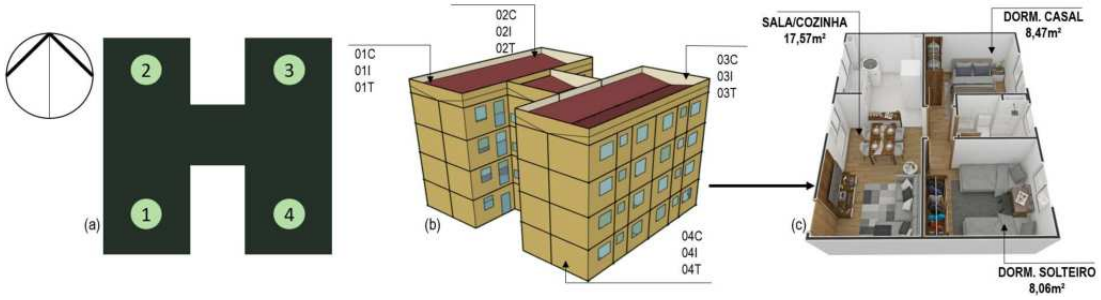


Figura 2 – (a) Planta esquemática do modelo "H", (b) Volumetria da modelagem computacional e (c) perspectiva da unidade habitacional indicando as áreas dos APP.

O sistema construtivo considerado para esta edificação está de acordo com as recomendações da NBR-15575 (ABNT, 2021) para os modelos avaliados quanto ao desempenho térmico pelo processo de simulação computacional, os dados para a simulação estão apresentados na figura 3 e para o modelo de referência, utilizou-se o valor de absortância de 0.58, recomendado pela normativa brasileira. Esta variável foi alterada neste estudo para identificar diferentes valores e sua influência no desempenho térmico desta edificação padrão ao longo da VUP.

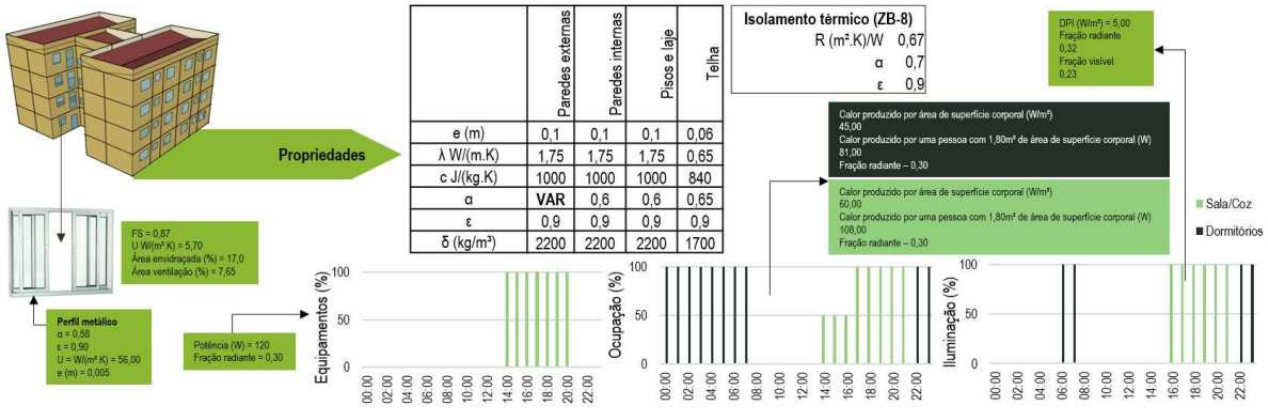


Figura 3 – Dados para a simulação do modelo digital (Adaptado de ABNT, 2021)

A variação da absortância das fachadas ocorreu conforme apresentado na figura 4 que mostra além dos valores adotados para os modelos simulados, a curva da equação estabelecida pela NBR-15575 (ABNT, 2021), em verde escuro, onde é possível observar uma tendência de aumento da absortância para valores menores que 0,75 e para os valores acima deste, há uma redução desta variável ao longo do tempo, enquanto a linha em verde claro indica a reta de erro zero (caso não houvesse desgaste pelas ações externas), ilustrando melhor esta tendência de aumento ou diminuição da absortância ao longo do tempo.

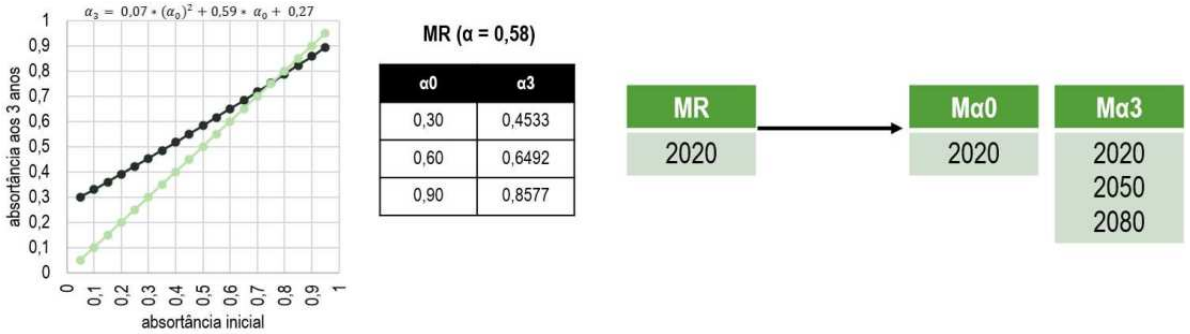


Figura 4 – Curva e dados da equação adotada para estimar os valores de absortância simulados e associação dos modelos com os climas simulados (Adaptado de ABNT, 2021)

A figura 4 apresenta também a associação entre os modelos e os climas simulados. O modelo de referência e o modelo de absortância inicial foram simulados apenas para o ano de 2020, enquanto os modelos com a absortância corrigida foram simulados para os três cenários climáticos considerados neste estudo. O modelo Mα3 foi simulado também para o ano de 2020 (análogo ao cenário climático de 2023), considerando o período de 3 anos para o envelhecimento da fachada e desconsiderando neste caso as mudanças climáticas que pode ser desprezado neste curto espaço de tempo, enquanto para os demais cenários climáticos (2050 e 2080), esta variação climática foi considerada.

3.3. Descrição do processo de análise dos resultados

Para a análise dos resultados, foram utilizados como dados de saída as temperaturas operativas para cada zona térmica, além dos padrões de ocupação, sendo possível investigar apenas as horas ocupadas em cada APP. Os critérios considerados na análise do desempenho destas UH foram o percentual de horas de ocupação dentro da faixa de temperatura operativa dos ambientes de permanência prolongada ($PHFT_{APP}$) e das Unidades Habitacionais ($PHFT_{UH}$), além da temperatura operativa anual máxima ($To_{máx}$) da UH. A TO_{min} não avaliada para estas zonas bioclimáticas, conforme recomendação da NBR-15575.

Esta norma também estabelece que APP em cidades no intervalo de temperatura 1 devem apresentar temperatura operativa (To_{APP}) entre 18ºC e 26ºC e para os APP em cidades do intervalo 2, a To_{APP} deve estar abaixo de 28ºC. O percentual de horas de ocupação dentro da faixa de temperatura e a temperatura operativa anual máxima da UH são calculados pelas equações 2 e 3, respectivamente.

$$PHFT_{UH} = \frac{\sum_{i=1}^{n} PHFT_{APP}}{n} \quad \text{Equação 2}$$

$$Tomáx_{UH} = Máx\ (Tomáx_{APP}) \quad \text{Equação 3}$$

Onde "n" é o número de ambientes de permanência prolongada da Unidade Habitacional.

Como parâmetro base, considerou-se o limite para cada UH, quando avaliada em relação a $TO_{máx}$ a equação 4 apresentada a seguir e o ΔT representa a tolerância aceitável que deve ser de 2ºC para o pavimento de cobertura e 1ºC para os pavimentos térreo e intermediário.

$$To_{máx\ (UH)} \leq To_{máx\ (REF)} + \Delta T \quad \text{Equação 4}$$

Já para o $PHFT_{UH}$, este valor deve ser no mínimo 90% do valor obtido para o $PHFT_{UH(REF)}$ que é o valor encontrado para o modelo de referência. Por fim, foram realizadas 13 simulações para cada cidade analisada, sendo avaliadas 12 UH em cada modelo e três zonas térmicas em cada UH, produzindo um total de 468 zonas térmicas avaliadas para cada cidade.

4. RESULTADOS

Os resultados obtidos nas simulações computacionais estão detalhados a seguir de modo a facilitar a compreensão do impacto que o envelhecimento das fachadas pode provocar no desempenho térmico de edificações.

4.1. Modelo de referência (NBR-15575)

Os resultados obtidos a partir da simulação do modelo de referência para o clima atual apontam que em relação à temperatura operativa, para as UH01I e UH02I da zona bioclimática 08 o dormitório de solteiro apresentou os maiores valores para esta variável, para todas as demais UH e zonas bioclimáticas, a zona térmica que representa a sala e cozinha foram responsáveis por definir a $TO_{máx}$ da UH respectiva, independente da orientação.

Quanto aos dados obtidos para o PHFT que estão apresentados na figura 5, observou-se que para a ZB-7, o percentual de horas dentro da faixa de temperatura operativa foi sempre abaixo de 5% sendo os maiores valores obtidos para o dormitório de casal e para a ZB-8, o isolamento inserido na coberta elevou este percentual e aproximou dos valores obtidos na ZB-6, sendo a sala e a cozinha os ambientes com menor PFHT dentre os três APP avaliados por UH em todas as zonas bioclimáticas analisadas neste estudo.

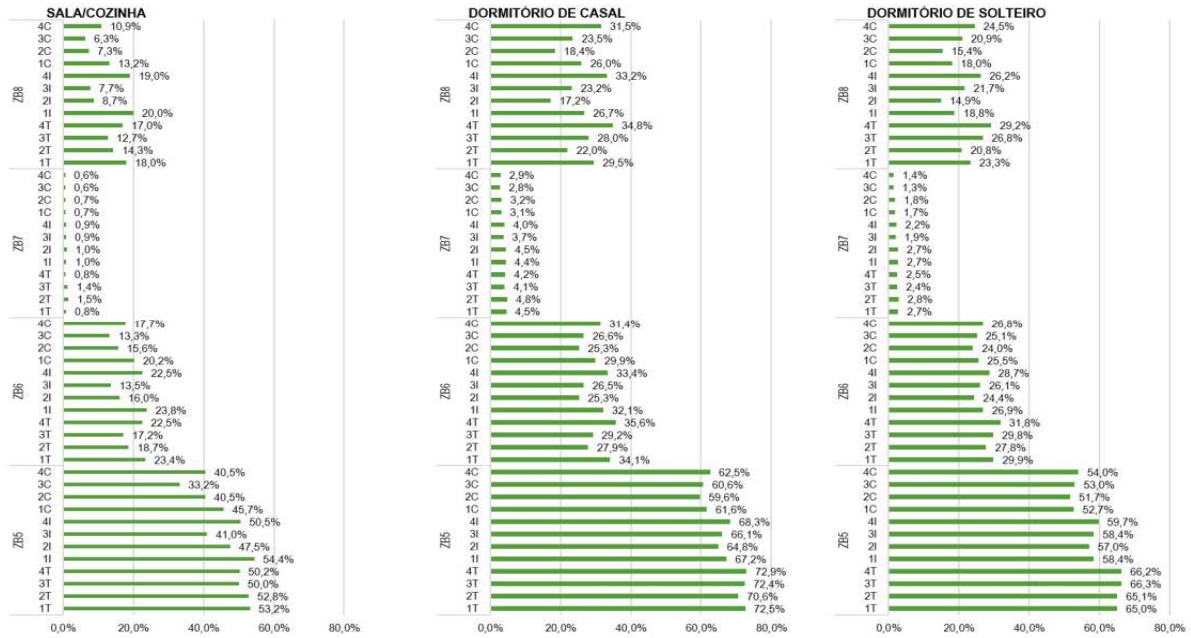


Figura 5 – PHFT por APP avaliado para o modelo de referência.

Para a ZB-5, o modelo de referência apresentou o melhor desempenho dentre as quatro zonas bioclimáticas avaliadas e assim como nas demais zonas bioclimáticas avaliadas, o pavimento térreo apresentou desempenho melhor que o pavimento intermediário que por sua ver comportou-se melhor que o pavimento da cobertura para todos os APP.

Para a UH, os dados obtidos estão apresentados na figura 06 e serão utilizados como referência para avaliação dos demais modelos simulados conforme os critérios estabelecidos pela NBR-15575 (ABNT, 2021).

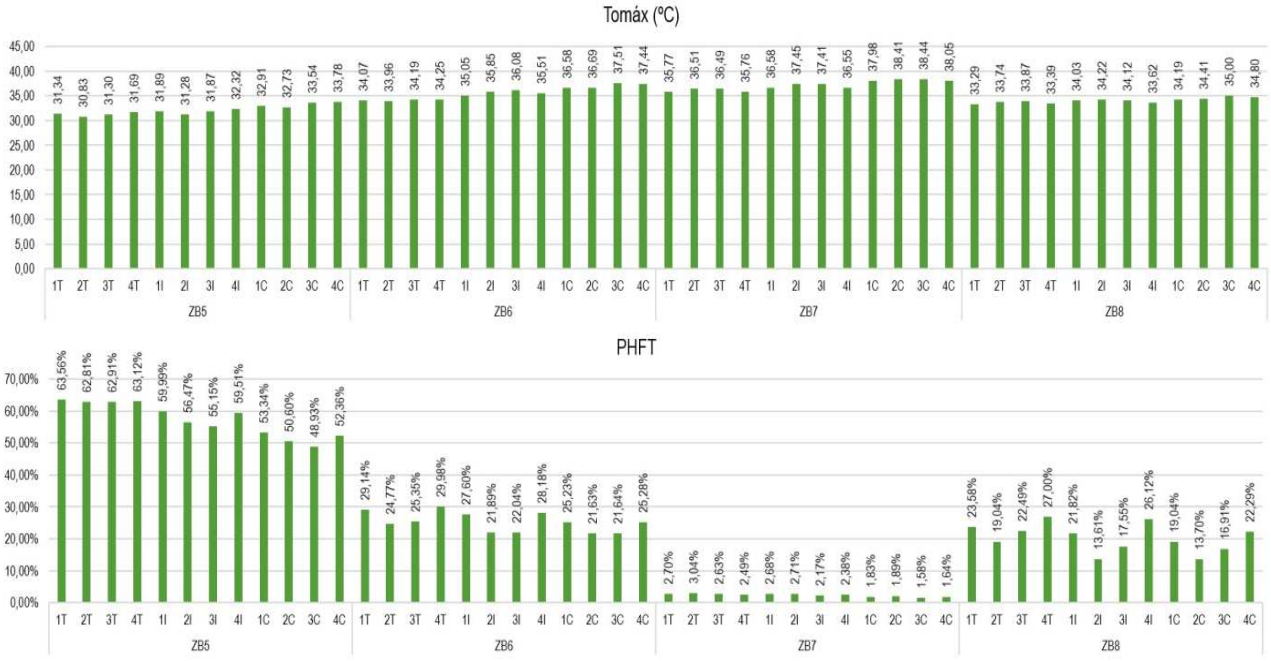


Figura 6 – $TO_{máx}$ e PHFT por UH avaliada para o modelo de referência.

A partir destes dados de referência foram avaliados os cenários propostos neste trabalho para uma investigação do envelhecimento das fachadas e seu impacto no desempenho térmico das edificações.

4.2. Modelo para cores claras (α_0=0,30 e α_3=0,4533)

Para o modelo considerando cores claras nas fachadas, o envelhecimento das fachadas por si só não afetou significativamente o desempenho térmico da edificação, pois em todas as UH analisadas, houve redução da temperatura operativa máxima, no entanto, ao considerar os cenários de mudanças climáticas para 2050, no pavimento da cobertura das ZB-5 e ZB-7, todas as UH atingiram a temperatura recomendada pela NBR-15575, bem como os modelos UH-02C e UH-03C para a ZB-8, sendo estes modelos os que estão voltados para o leste.

Este desempenho favorável no pavimento da cobertura pode ter ocorrido além do fator relacionado à absortância das fachadas, pelo fato da coberta ser a principal envoltória responsável pelas trocas térmicas nestas UH e apenas a variação da absortância não afetou significativamente em cenários climáticos futuros. Para os demais pavimentos, o pavimento intermediário não atingiu o desempenho desejado e apenas as UH-04T, UH-02T e UH-03T, sendo a primeira para a ZB-5 e as demais para a ZB-7 apresentaram desempenho satisfatório. Para o cenário de 2080, nenhuma UH atendeu aos requisitos de desempenho mínimo.

Ao avaliar o $PHFT_{UH}$ foi possível afirmar que o envelhecimento das fachadas para um cenário de 3 anos não ofereceu prejuízos à avaliação de desempenho térmico das edificações analisadas, em todas as UH houve um acréscimo no $PHFT_{UH}$ quando comparado com o modelo de referência, chegando a um incremento de mais de 40% em algumas UH, inclusive do pavimento da cobertura.

No entanto, ao considerar as mudanças climáticas, as edificações não se comportaram de maneira satisfatória e todas as UH reduziram este percentual, sendo mais crítico para a ZB-7 no cenário de 2080 em que toda a edificação apresentou 100% das horas ocupadas fora da faixa de temperatura operativa recomendada pela NBR-15575. Estes dados estão melhor apresentados na figura 7 que destaca também em vermelho o limite do PHFT máximo de 90% em relação ao modelo de referência adotado neste estudo.

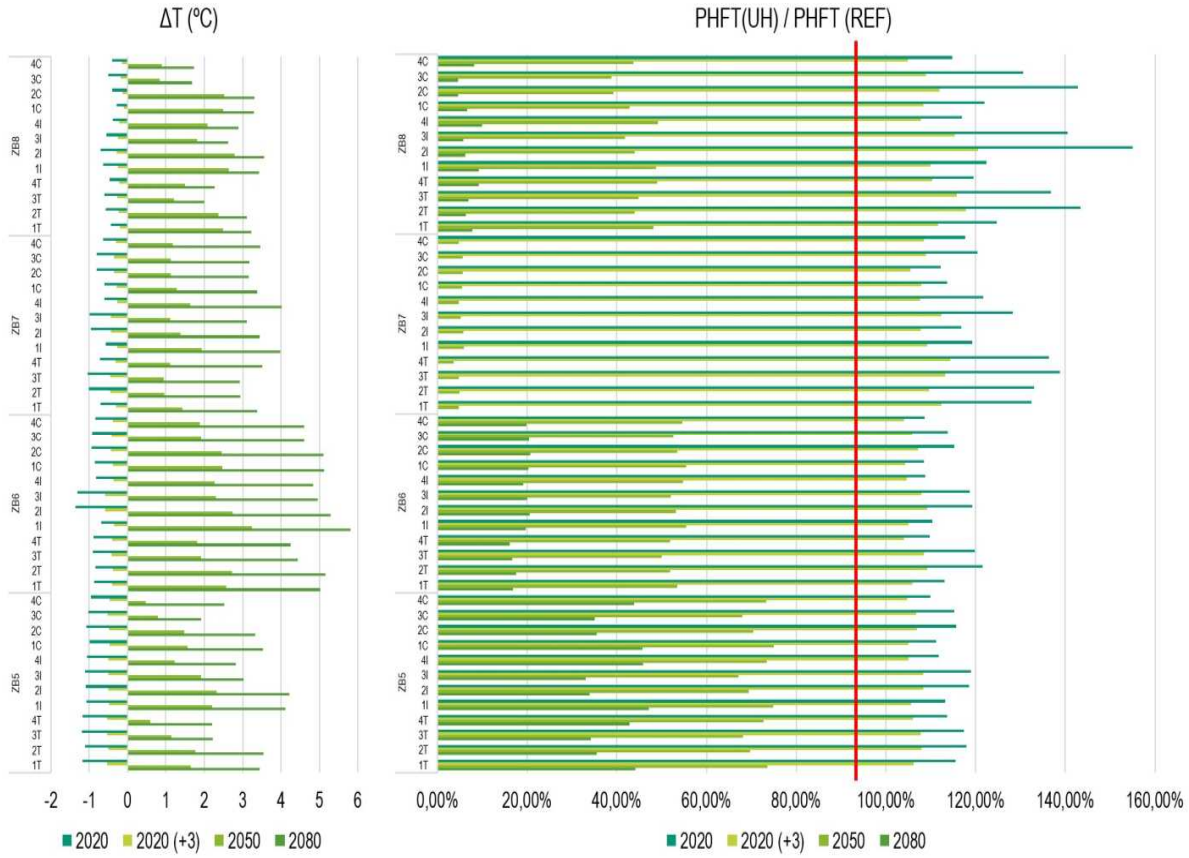


Figura 7 – ΔT e PHFT para as UH analisadas em edificação com fachada clara para os cenários climáticos propostos.

4.3. Modelo para cores médias (α_0=0,60 e α_3=0,6492)

Para os modelos com cores médias (absortância inicial de 0,6) os resultados estão apresentados na figura 8 no que se refere às variáveis avaliadas neste trabalho.



Figura 8 – ΔT e PHFT para as UH analisadas em edificação com fachada com cores médias para os cenários climáticos propostos.

É possível observar, portanto que apenas para o cenário climático de 2080 as edificações apresentaram temperatura operativa acima do limite estabelecido pela NBR-15575 e nem o envelhecimento das fachadas, nem as mudanças climáticas para 2050 comprometeram o resultado do desempenho térmico da edificação.

Já no que diz respeito ao PHFT para as ZB-5, ZB-6 e ZB-7, o envelhecimento da fachada não provocou prejuízos ao desempenho térmico, no entanto para a ZB-8 a UH-02C não apresentou desempenho satisfatório para o cenário de 2020 e as UH-02C, UH-03C e UH-04C tiveram o PHFT abaixo de 90% do obtido para o modelo de referência quando considerado o envelhecimento das fachadas.

Ao considerar as mudanças climáticas, toda a edificação sofreu prejuízos no desempenho térmico, ficando abaixo das recomendações exigidas pela NBR-15575 tanto para o cenário de 2050 quanto para 2080.

4.4. Modelo para cores escuras (α_0=0,90 e α_3=0,8477)

Para os modelos com fachadas escuras as UH localizadas no pavimento da cobertura foram as que sofreram menos impacto no desempenho térmico, no entanto, apenas as UH deste pavimento na ZB-7 e as UH-03C e UH-04C da ZB-8 apresentaram desempenho satisfatório para o cenário de absortância inicial e absortância envelhecida (2020+3) e a UH-04C na ZB-5 apenas para o cenário climático atual, tornando-se insatisfatório quando se considera o envelhecimento das fachadas. Para todas as demais UH e cenários climáticos, o desempenho foi abaixo do recomendado pela NBR-15575.

Já para o PHFT nenhuma UH obteve desempenho satisfatório para nenhum caso analisado, conforme apresentado na figura 9.

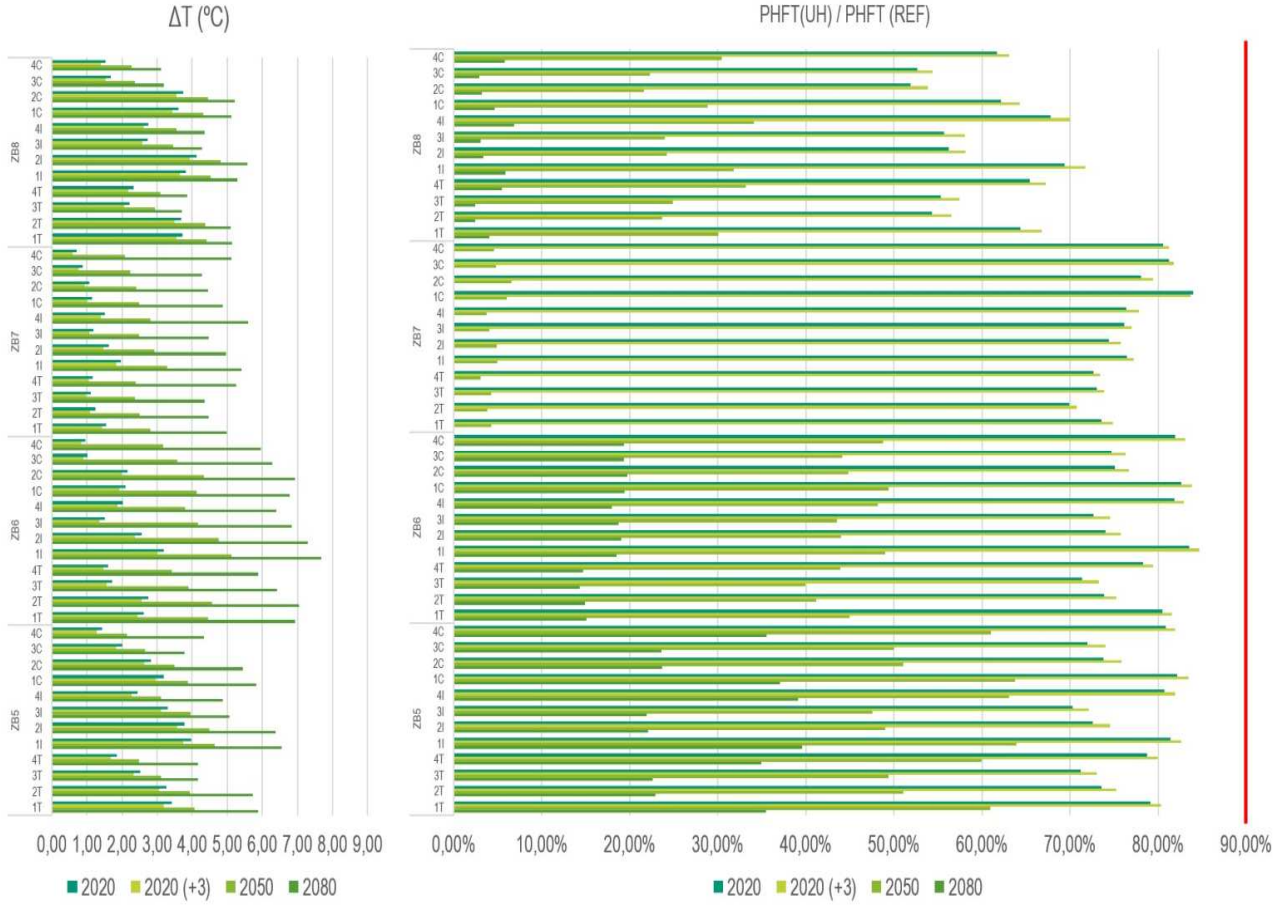


Figura 9 – ΔT e PHFT para as UH analisadas em edificação com fachada escura para os cenários climáticos propostos.

4.5. Influência do envelhecimento das fachadas e mudanças climáticas no desempenho térmico

Ao considerar o envelhecimento da fachada como um fator importante para o desempenho térmico de uma edificação, pode-se fazer alguns recortes nos resultados apresentados anteriormente, assim como o apresentado na figura 10 que apresenta a relação do $PHFT_{UH}$ e o $PHFT_{REF,}$ para fachadas com cores médias.

Apresenta-se as UH-02T, UH-02I, UH-03C e UH-04C da ZB-8 que foram diretamente afetadas a partir do processo de envelhecimento das fachadas ao longo dos anos pela equação proposta pela NBR-15575 por

apresentarem desempenho imediatamente acima dos 90% de ralação estabelecido, perdendo a condição de desempenho mínimo já nos primeiros 3 anos de uso.

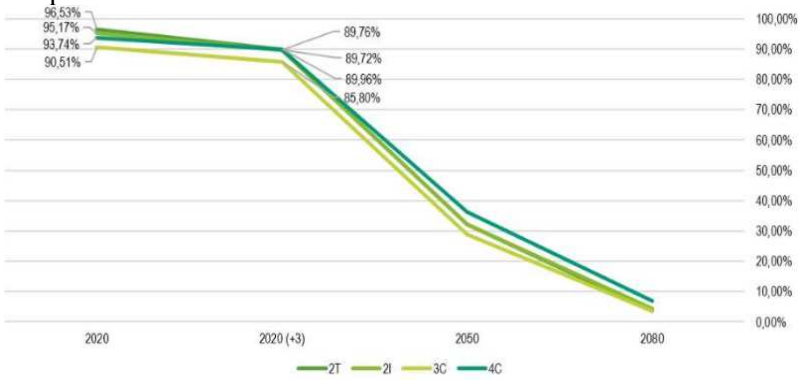


Figura 10 – Evolução do desempenho ($PHFT_{UH}/PHFT_{REF}$) ao longo do tempo para 04 UH da ZB-8.

5. CONCLUSÕES

Este artigo avaliou o processo proposto pela NBR-15575 para o desgaste da absortância dos materiais considerando a ação do tempo e o impacto deste processo no desempenho térmico das edificações para quatro zonas bioclimáticas.

Constatou-se por meio de simulações computacionais que cores claras devem ser priorizadas para manter o desempenho térmico ao longo dos anos e que o uso de cores médias em algumas situações pode comprometer este desempenho levando a relação entre os percentuais de horas ocupadas dentro da faixa estipulada de temperatura operativa para os modelos reais e o modelo de referência para um valor inferior a 90% que é o limite recomendado pela NBR-15575.

Embora algumas UH apresentem desempenho satisfatório para o cenário climático de 2050 no que se refere à temperatura operativa máxima, as mudanças climáticas afetaram diretamente a relação entre os $PHFT_{UH}$ e o $PHFT_{REF}$, diminuindo em todos os casos esta relação.

Considerando o período de vida útil de projeto para sistemas de vedação vertical externos que é de 40 anos, a edificação deveria apresentar desempenho satisfatório até o ano de 2060 ao considerar a data inicial de 2020, no entanto, este fato não foi observado e no cenário de 2050 as edificações já não apresentaram bom desempenho térmico.

Para o cenário climático de 2080, nenhuma UH conseguiu alcançar as recomendações da referida norma e com isso faz-se necessário uma maior conscientização para a produção de habitações resilientes considerando as mudanças climáticas e os impactos provocados pela ação do tempo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 15220–03**: Desempenho térmico de edificações Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Rio de Janeiro, 2005.

_____, Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 15575**: Edificações Habitacionais – Desempenho: Parte 1: Requisitos Gerais. Rio de Janeiro, 2021.

ARAÚJO, A. C. H.; DORNELLES, K. A. Estação de envelhecimento natural para análise de degradação da absortância de telhas e monitoramento de temperaturas superficiais. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 22, n. 2, p. 247-267, br./jun. 2022.

ARAUJO, A. C. H; **Absortância solar e o envelhecimento natural de telhas expostas ao tempo**. Dissertação de mestrado. Programa de Pós Graduação em Arquitetura e Urbanismo. IAU-USP, 2022.

BERDAHL, P. et al. Weathering of Roofing Materials: an overview. **Construction and Building Materials**, v. 22, p. 423-433, 2008.

BERDAHL, P.; BRETZ, S. E. Preliminary survey of the solar reflectance of cool roofing materials**. Energy Buildings**, v. 25, p. 149-158, 1997.

BRASIL**. Lei n. 12.424**, de 7 de julho de 2009, dispõe sobre o Programa Minha Casa Minha Vida - PMCMV e a regularização fundiária de assentamentos localizados em áreas urbanas. Diário Oficial da União, Brasília, 8 de julho de 2009.

_____. **Lei nº 14.118**, de 12 de janeiro de 2021, Institui o Programa Casa Verde e Amarela. Diário Oficial da União, Brasília, 12 de janeiro de 2021.

_____. **Medida provisória nº 1.162**, de 14 de fevereiro de 2023. Dispõe sobre o Programa Minha Casa, Minha Vida. Diário Oficial da União, Brasília14 de fevereiro de 2023.

BRETZ, S.; AKBARI, H. Long-Term Performance of High-Albedo Roof Coatings. **Energy and Buildings**, v. 25, p. 159-167, 1997.

CAVALCANTI, F. S. Impacto da absortância e transmitância das fachadas na eficiência energética e conforto térmico para habitação de interesse social. **Paranoá**, Brasilia, n. 28, 2020.

COELHO, T. da C. C.; GOMES, C. E. M.; DORNELLES, K. A. Desempenho térmico e absortância solar de telhas de fibrocimento sem amianto submetidas a diferentes processos de envelhecimento natural. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 17, n. 1, p. 147-161, jan./mar. 2017.

DORNELLES, K. A.; SICHIERI, E. P. Efeitos do Intemperismo Natural Sobre a Refletância de Tintas Brancas Para Coberturas. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 15., Maceió, 2014. **Anais**… Maceió: ANTAC, 2014.

GHINIS, C. P.; FOCHEZATTO, A. Crescimento pró-po-bre nos estados brasileiros: análise da contribuição da construção civil usando um modelo de dados em painel dinâmico, 1985-2008. **Economia Aplicada**, Vol. 17, No. 3, pp. 243-266. 2013.

IPCC: **Summary for Policymakers**. In: Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J.B.R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M.I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor, and T. Waterfield (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, pp. 3-24, doi:10.1017/9781009157940.001. Acesso em 13 Ago 2022.

JENTSCH, M. F. **Climate Change Weather File Generators**. Technical reference manual for the CCWeatherGen and CCWorldWeatherGen tools. 2010.

KRELLING, A. F; SILVA, M. P; SOUZA, R. V; MARINOSKI, D. L; GÜTS, S. Influencia do envelhecimento, limpeza e pintura da superfície de telhas de fibrocimento sobre o desempenho térmico da cobertura. In: XV Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído (ENCAC) e XI Encontro Latino-Americano de Conforto no Ambiente Construído (ELACAC). **Anais**. João Pessoa (PB). 2019.

LEVINSON, R.; BERDAHL, P.; AKBARI, H. Solar Spectral Optical Properties of Pigments: part 1: model for deriving scattering and absorption coefficients from transmittance and reflectance measurements. **Solar Energy Materials & Solar Cells**, v. 89, p. 319-349, 2005.

LOUZICH, K. M. D.; CALLEJAD, I. J. A.; DURANTE, L. C.; MARTINS, A. F. S.; ROSSETI, K. A. C.; MARTINS, W. T. O. Absortância de telhas cerâmicas novas e deterioradas pela exposição às intempéries: impacto no desempenho térmico de edificações. In: ENTAC, 16., 2016, São Paulo. **Anais**… São Paulo, 2016.

SYNNEFA, A., SANTAMOURIS, M., APOSTOLAKIS, K. On the development, optical properties and thermal performance of cool colored coatings for the urban environment. **Solar Energy**. v. 81, p. 488-497, 2007.

TAKEBAYASHI, H.; MIKI, K.; SAKAI, K.; MURATA, Y.; MATSUMOTO, T.; WADA, S.; AOYAMA, T. Experimental examination of solar reflectance of high-reflectance paint in Japan with natural and accelerated aging. **Energy and Buildings**, v. 114, p. 173-179, 2016.

TRZCINSKI, C.; AMARAL, A. J. Política de Habitação de Interesse Social no recorte da segregação socioespacial e os efeitos da violência social. **Colóquio - Revista do Desenvolvimento Regional**, Taquara, v. 16, n. 2., p. 27-49, Edição Especial II SNDR, jan. 2019.

WERLE, A. P.; LOH, K.; JOHN, V. M. Pintura à Base de Cal Como alternativa de Revestimento Frio. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 14, n. 3, p. 149-157, jul./set. 2014.