Futuro da Tecnologia do Ambiente Construído e os Desafios Globais
Porto Alegre, 4 a 6 de novembro de 2020

DESEMPENHO TÉRMICO DE HABITAÇÕES DE INTERESSE SOCIAL: UM ESTUDO NO SEMIÁRIDO NORDESTINO[1]

MENDES, Mateus Veras (1); CÂNDIDO, Luis Felipe (2)

(1) Universidade Federal do Ceará (UFC), campus de Crateús, mateusvm.eng@gmail.com
(2) Universidade Federal do Ceará (UFC), campus de Crateús/Núcleo de Inovação da Construção (NiC), candido@crateus.ufc.br

RESUMO

Este trabalho teve por objetivo analisar o desempenho térmico de Habitações de Interesse Social (HIS) no semiárido nordestino e apresentar alternativas de baixo custo para sua melhoria. Constatou-se o não atendimento dos critérios mínimos de conforto térmico. Verificou-se que os principais mecanismos de dissipação térmica sugeridos pelas normas brasileiras não foram capazes de prover conforto térmico para o critério de desempenho mínimo. As melhorias propostas podem implicar em redução de custos de operação da edificação com a diminuição do uso de ventiladores e ar condicionados, servindo de referência para a comunidade local modificar suas habitações e futuros projetos e assim aumentar sua qualidade de vida.

Palavras-chave: *Conforto térmico. NBR 15575. HIS.*

ABSTRACT

This paper is aimed to analyzes the thermal performance of social housing projects at the semiarid region of northeast of Brazil. It was evidenced that the building does not attend the performance criteria for the minimum level, which led to the proposition of low-cost alternatives to the building design that would improve its thermal performance. The main strategies of thermal dissipation suggested by the Brazilian standard does not improve the thermal performance to minimum level required. The low-cost improvements proposed can imply in cost reduction of building operations, through the reduction of mechanical refrigeration, as well as serves as reference to the local community to design or modify its buildings aiming a better life quality.

Keywords*: Thermal Comfort. NBR 15575. Social Housing Projects.*

1 INTRODUÇÃO

A qualidade do ambiente construído depende de inúmeros fatores relacionados ao seu espaço e funcionalidade, bem como do seu conforto (acústico, térmico, dentre outros). Nesse contexto, um dos requisitos mais prementes a qualidade de vida é o

[1] MENDES, Mateus Veras; CÂNDIDO, Luis Felipe. Desempenho térmico de habitações de interesse social: Um estudo no semiárido nordestino. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 18., 2020, Porto Alegre. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2020.

conforto térmico (LAMBERTS *et al., 2013*), seja para dissipar energia térmica ou conservá-la.

Isto torna-se crucial na realidade climática do semiárido nordestino, caracterizado por elevadas temperaturas e baixa umidade, que alterna ciclos de seca e apresenta forte desequilíbrio socioeconômico. Estes fatores contribuem para o baixo poder aquisitivo da população que inviabiliza o uso de refrigeração mecânica, refletindo-se, também, na carência de habitações adequadas à região. Uma construção sem o devido planejamento energético gera um acréscimo de uso de refrigeração que impactam na elevação dos custos nas residências (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 2014).

Nesse contexto, questiona-se: os projetos de Habitação de Interesse Social implantados na região semiárida do Nordeste brasileiro provêm conforto térmico para seus habitantes? Como melhorar o conforto térmico nessas regiões sem gerar grandes acréscimos de custos na construção e no uso dessas residências? Assim, este trabalho teve por objetivo analisar o desempenho térmico de Habitações de Interesse Social (HIS) no semiárido nordestino e propor alternativas de baixo custo para seu atendimento.

2 DESEMPENHO TÉRMICO DE EDIFICAÇÕES

O desempenho térmico é preconizado pela a ABNT NBR 15.575-1 (2013) e ABNT NBR 15.520 (2005). Essas normas são utilizadas para avaliar as edificações, de modo a garantir um padrão mínimo de qualidade (SORGATO; MELO; LAMBERTS, 2014). Ainda, visa proporcionar adequação de um projeto às particularidades típicas da sua realidade climática promovendo o conforto para todos os residentes (RIBEIRO, 2008).

Conforme a ABNT NBR 15.220-3 (2005), a residência deve reunir características que atendam às exigências para desempenho térmico de acordo com oito zonas bioclimáticas e apresenta dois procedimentos para determinação do desempenho térmico: (1) simplificado (normativo) e (2) medição (informativo). O procedimento simplificado, engloba os requisitos e critérios para os sistemas de vedação e coberturas, normatizados pela NBR 15.575-4 (2013) e NBR 15.575-5 (2013), sendo necessária a simulação computacional de toda a edificação, caso algum ambiente de longa duranção apresente desempenho térmico insatisfatório. Já o procedimento de medição, prevê as aferições em campo das temperaturas, tendo os seus resultados caráter informativo.

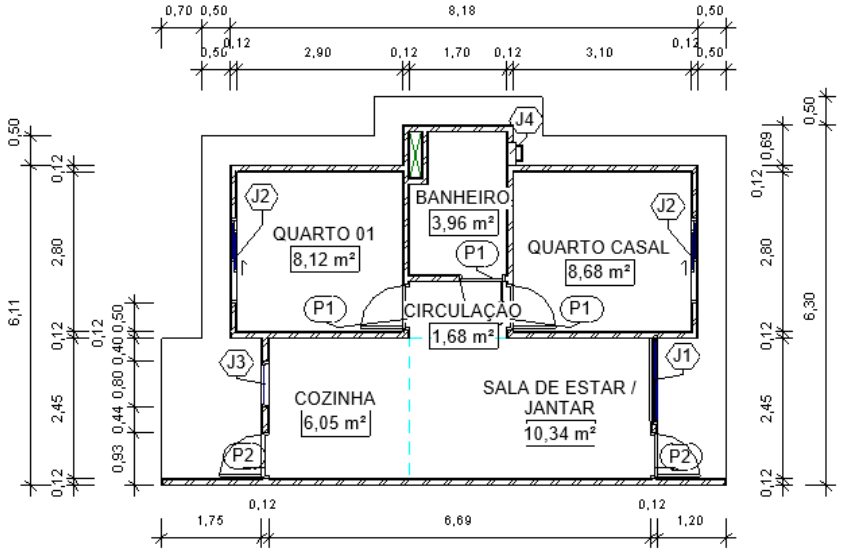
3 MÉTODO DE PESQUISA

Esta pesquisa foi realizada a partir de uma Habitação de Interesse Social (HIS) do Programa Minha Casa Minha Vida, pertencente ao conjunto Residencial Dom Fragoso I e II, localizado no bairro Cidade 2000, na sede do município de Crateús, interior do estado do Ceará. O conjunto conta com 620 casas com investimento total de R$ 39,13 milhões, sendo R$ 2,55 milhões de contrapartida do Estado.

Vale salientar que Crateús possui um contexto climático bastante representativo da realidade climática das demais cidades do semiárido nordestino, fazendo parte dos 330 municípios utilizados como amostra para a caracterização das zonas bioclimáticas. Asim, de acordo com o Anexo A da ABNT NBR 15.220-5 (2005), o município é classificado na Zona Bioclimática (ZB) 7, dispondo de recomendações de condicionamento térmico das edificações.

A planta baixa padrão da HIS é apresentada na Figura 1.

Figura 1 - Planta baixa da HIS



Fonte: Os autores

Note-se que, a Figura 1 apresenta apenas uma unidade padrão do conjunto habitacional, onde a parede inferior é geminada. A casa possui todas as paredes em alvenaria com chapisco, emboço e reboco de argamassa de cimento e aria com traços 1:3, 1:4 e 1:6, respectivamente. Conta com cerâmica esmaltada branca 46x46 cm, PEI>=4 no WC, cozinha e área de serviço até a altura de 1,50 m que também reveste todos os pisos da casa. Nas paredes sem cerâmica a pintura é texturizada acrílica e os forros de todos os cômodos são de PVC.

Analisou-se o desempenho térmico tanto pelo método simplificado de cálculo como pelo método da simulação computacional. Com relação ao método simplificado, sua análise é apresentada pela ABNT NBR 15.220-2 (2005). A ABNT NBR 15.575-4 (2013), contribui com especificações de requisitos e critérios de desempenho. Foram realizados todos os procedimentos para a averiguação de desempenho térmico para os materiais de construção dos sistemas de vedação, cobertura e aberturas de ventilação da HIS.

Já para a simulação, utilizou-se o software Energy Plus, considerando a ação da distribuição solar nas porções externas e internas das habitações. Conforme a ABNR NBR 15.575-1 (2013), analisou-se apenas o desempenho térmico na condição de verão (zona 7). Segundo o INMET, Crateús apresenta uma temperatura máxima média de 33,6 °C, sendo esta temperatura utilizada como o valor máximo diário de temperatura do ar no exterior à edificação. Assim, pode-se definir os limites de desempenho térmico da HIS como mínimo $\mathrm{T}_{i,max} \leq 33{,}6°C$ $(\mathrm{T}_{i,max} \leq \mathrm{T}_{e,max})$, intermediário $\mathrm{T}_{i,max} \leq 31{,}6°\,\mathrm{C}$ $(\mathrm{T}_{i,max} \leq (\mathrm{T}_{e,max} - 2°\,\mathrm{C})$ e desempenho superior $\mathrm{T}_{i,max} \leq 29{,}6°\,C$ $(\mathrm{T}_{i,max} \leq (\mathrm{T}_{e,max} - 4°\,\mathrm{C})$.

O Modelo Base foi simulado, com os seguintes parâmetros: taxa de ventilação dos ambientes de 1 renovação/hora. A mesma taxa é utilizada para ventilação da cobertura; janelas sem sombreamento. Cabe destacar que a edificação apresenta sombreamento natural por extensões físicas da própria residência, as quais foram consideradas em todas as simulações. A cor definida em projeto remete a uma tonalidade clara, sendo utilizada o valor da absortância igual a 0,3 em todas as

simulações. A análise das temperaturas consistiu em identificar a maior temperatura registrada por mês, de janeiro a dezembro.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Desempenho térmico (método simplificado e simulação)

Quanto as aberturas de ventilação, todas as esquadrias atenderam ao requisito mínimo da ABNT NBR 15.575 (2013) com as áreas das esquadrias maiores que 7,0% da área do piso (7,68% para a habitação, como um todo). Embora atenda ao critério mínimo, a ABNT NBR 15.220 (2005) recomenda aberturas de 10% a 15% para a ZB7. A Tabela 1 apresenta o desempenho mínimo da vedação vertical.

Tabela 1 - Verificação de desempenho térmico da parede

Critério de desempenho	**Valor calculado**	**Valor recomendado**	
Transmitância Térmica (U em w/m^2k)	2,66	$\alpha \leq 0{,}6$	$\leq 3{,}7$
		$\alpha > 0{,}6$	$\leq 2{,}5$
Capacidade Térmica (CT em kJ/m^2K)	193,81	$\geq 130{,}0$	
Atraso Térmico (φ em horas)	3,78	$\geq 6{,}5$	
Fator Solar (FS_0 em %)	3,20	$\leq 3{,}5$	

Fonte: Os autores

Verifica-se que a edificação analisada atende ao desempenho mínimo para a *U* e *CT*. Cabe ressaltar que o critério de transmitância térmica está relacionado com os valores de absortância térmica, refletindo os valores de absortância da radiação externa da parede pela pintura. Dessa forma, a transmitância térmica só é atingida quando utilizado tintas claras na pintura externa da parede, como a tinta branca ($\alpha = 0{,}2$), amarela ($\alpha = 0{,}3$) e verde claro ($\alpha = 0{,}4$). Verifica-se que a HIS, mesmo atendendo aos requisitos de desempenho térmico mínimo, possui os valores das propriedades térmicos fora dos limites recomendados por norma, à exceção do fator solar. Esta situação reflete um quadro de baixo desempenho térmico e conforto térmico mínimo aos usuários.

Verificou-se que a cobertura apresenta desempenho insatisfatório para todos os critérios, conforme a Tabela 2.

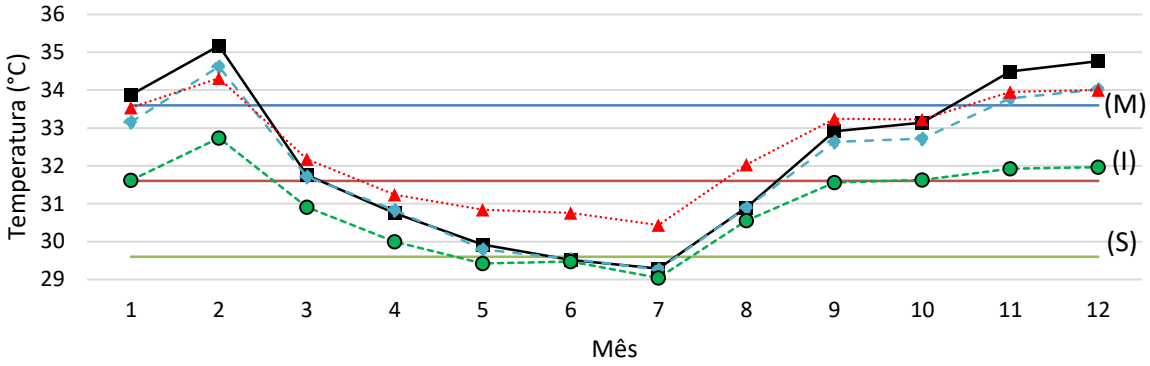
Tabela 2 - Verificação de desempenho térmico da cobertura

Critério de desempenho	**Valor calculado**	**Valor recomendado**	
Transmitância Térmica (U em $\frac{W}{m^2K}$)	2,21	$\alpha \leq 0{,}4$	$U \leq 1{,}43$
		$\alpha > 0{,}4$	$U \leq 2{,}19$
Atraso Térmico (φ em horas)	1,21	$\geq 6{,}5$	
Fator Solar (FS_0 em %)	6,63	$\leq 6{,}5$	

Fonte: Os autores

A Figura 2 apresenta o comportamento térmico dos ambientes, a partir da simulação computacional.

Figura 2 - Comportamento térmico da HIS



Legenda: (M) Mínimo; (I) Intermediário; (S) Superior; Quarto Casal; Sala; Quarto; Cozinha HIS.

Fonte: Os autores

Observa-se que a cozinha é o único ambiente que apresenta desempenho térmico dentro dos limites da norma, oscilando em torno do desempenho intermediário ($T_{i,max} \leq 31{,}6°C$) em boa parte do ano, sobretudo nos meses de março a agosto e apresentando desempenho superior ($T_{i,max} \leq 29{,}6°C$) no mês de julho. O desempenho térmico mínimo ($T_{i,max} \leq 33{,}6°C$) é identificado nos meses de janeiro e fevereiro e entre setembro e dezembro.

Na análise da sala, verifica-se uma oscilação maior da temperatura, com desempenho insatisfatório nos meses de fevereiro, novembro e dezembro, com temperaturas de 34,62° C, bem acima do critério de desempenho mínimo ($T_{i,max} \leq 33{,}6°C$). O comportamento térmico dos quartos apresenta a mesma tendência, porém o quarto de casal possui as temperaturas mais elevadas. Isto ocorre devido a insolação durante o período da tarde ser maior que no quarto de solteiro nos meses mais quentes (novembro a fevereiro). Ainda, registra-se desempenho insatisfatório nos meses de fevereiro, novembro e dezembro. Ademais, o quarto de solteiro apresenta menor variação de temperatura, contudo ainda possui desempenho térmico insatisfatório ao longo do ano.

Assim, o quarto de casal apresenta a condição térmica mais desfavorável nos meses de janeiro, fevereiro, novembro e dezembro, com desempenho abaixo do mínimo ($T_{i,max} \leq 33{,}6°C$), registrando maior temperatura para o mês de fevereiro com 35,16° C. Verifica-se, portanto, que os meses de janeiro, fevereiro, novembro e dezembro, manifestam situações mais críticas.

Em geral, as melhores condições térmicas são alcançadas nos meses de junho e julho. Contudo, o registro do desempenho insatisfatório durante os meses mais quentes requer alterações no projeto. Devido ao não atendimento da edificação aos critérios estabelecidos para verão, a norma ABNT NBR 15.575-1 (2013) estabelece que seja feito uma nova simulação impondo critérios para ventilação, sombreamento e ventilação e sombreamento. A nova simulação é recomendada para os ambientes cujo desempenho térmico foi insatisfatório, ou seja, somente a cozinha não foi inclusa.

A Tabela 3 apresenta a comparação das temperaturas encontradas nas simulações.

Tabela 3 - Temperaturas simuladas computacionalmente na HIS

Ambiente	Modelo base	Ventilado	Sombreado	Vent. e somb.	Mês
Sala	34,62° C	35,08° C	33,91° C	34,33° C	Fev.
Quarto solteiro	34,31° C	34,80° C	34,00° C	34,66° C	Fev.
Quarto casal	35,16° C	35,08° C	34,53° C	34,94° C	Fev.

Fonte: Os autores

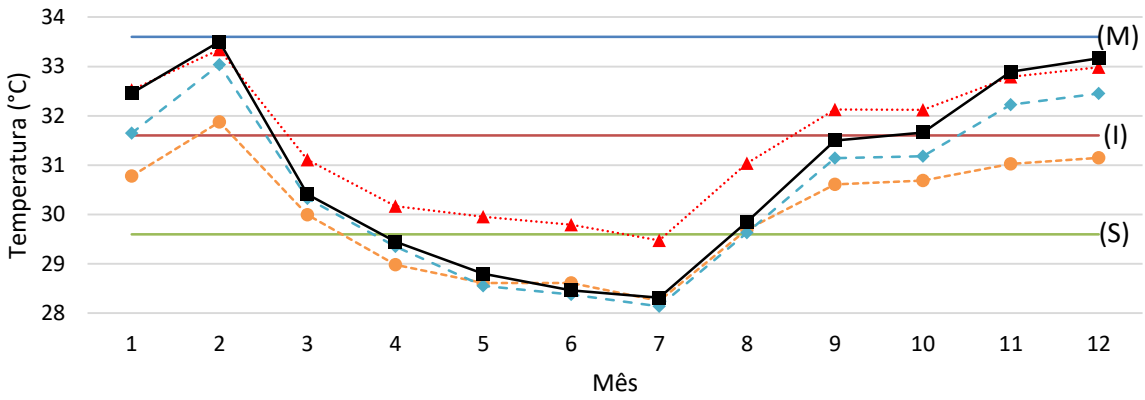
Dentre as estratégias analisadas pode-se afirmar que o sombreamento foi a alternativa mais eficiente e o pior cenário é o ventilado, com taxa de renovação do ar de 5 ren/h. Destaca-se que todos os valores de temperatura máxima foram obtidos no mês de fevereiro em todos os cenários. Assim, devido ao critério de desempenho mínimo demandar temperaturas inferiores a 33,60° C, pode-se definir que a habitação não obedece aos requisitos de desempenho térmico.

4.2 Proposição de melhorias e análise de custo

Como apresentado na seção anterior, verificou-se que a cobertura apresenta situação térmica insatisfatória, o que contribuiu para a geração de temperaturas elevadas. Desse modo, foi realizado a substituição dos materiais do forro (PVC) por forro de gesso. Embora as paredes tenham atingido o nível de desempenho mínimo, aumentou-se a espessura das camadas de argamassa em 1cm visando proporcionar maior capacitância térmica ao sistema de vedações verticais. A análise do modelo base demostrou que a ventilação agrava o desconforto térmico. Baseado nisto, o modelo alterado (MA) apresenta uma redução no tamanho da janela da sala (1,45m x 1,40m para 1,20m x 1,00m). Ainda, utilizou-se um toldo com telha cerâmica na janela do quarto do casal.

A Figura 3 apresenta o comportamento térmico dos ambientes da HIS para o modelo alterado (MA) que atendeu ao desempenho mínimo em todos os ambientes.

Figura 3 - Comportamento térmico da HIS para o modelo alterado



Legenda: (M) Mínimo; (I) Intermediário; (S) Superior; Quarto Casal; Sala; Quarto; Cozinha.

Fonte: Os autores

A Tabela 4 compara as temperaturas obtidas pela simulação computacional (modelo alterado) para as dependências de longa permanência que apresentaram comportamento insatisfatório na análise do modelo base.

Tabela 4 - Comparação das temperaturas obtidas para o MB e o MA

	Ambientes	Normal	Ventilado	Sombreado	Ventilado e somb.
MB	Sala	34,62° C	35,08° C	33,91° C	34,33° C
	Quarto solt.	34,31° C	34,80° C	34,00° C	34,66° C
	Quarto casal	35,16° C	35,08° C	34,53° C	34,94° C
MA	Sala	33,03° C	33,79° C	32,57° C	33,37° C
	Quarto solt.	33,33° C	34,07° C	33,01° C	33,92° C
	Quarto casal	33,50° C	34,15° C	33,20° C	33,94° C

Fonte: Os autores

Dentre os modelos, o MA apresenta vantagens em todos os cenários analisados, sendo a estratégia de sombreamento a mais eficaz na redução das temperaturas, registrando a menor temperatura de 32,57° C na dependência da sala. A maior diferença de temperatura entre o cenário normal (sem uso das estratégias) do MB e o MA, chega a 1,66° C no ambiente do quarto do casal, com uma diminuição média de 1,13° C.

Ressalta-se que a melhora do desempenho foi alcançada, por meio de alterações simples nos materiais construtivos, cujos custos são apresentados na Tabela 5.

Tabela 5 - Comparativo de custo entre o MB e o MA

Elemento	Custo R$	Mudança	Custo R$	Diferença	
				R$	%
Forro	1587,98	Mudança de PVC para Gesso	1.552,69	-35,29	-2%
Janelas	1488,47	Diminuição de tamanho	1.011,99	-476,48	-32%
Paredes	4315,15	Emboço (mais 0,5cm na esp.)	6.445,23	2.130,08	+49%
Coberta	-	Pintura Telhas	578,72	578,72	+100%
Toldo	-	Telha e madeira	144,00	144,00	+100%
TOTAL	**7391,60**		**9.732,63**	**2.341,03**	**+32%**

Fonte: Os autores

O incremento total de custo foi de R$ 2.341,03 (mais 32%) para que a residência atinja o desempenho térmico exigido por norma com uma redução de aproximadamente 1,6° C na sala e no quarto de casal, ambientes mais críticos.

5 CONCLUSÃO

Este trabalho teve por objetivo analisar o desempenho térmico de Habitações de Interesse Social (HIS) no semiárido nordestino e propor alternativas de baixo custo para sua melhoria. Constatou-se o não atendimento dos critérios mínimos de conforto térmico, o que suscitou a proposição de alternativas de baixo custo para melhorar o conforto térmico da edificação.

Verificou-se que os principais mecanismos de dissipação térmica sugeridos pelas normas brasileiras, como o aumento da ventilação e o sombreamento, não foram capazes de prover conforto térmico para o critério mínimo. Mudanças mais substanciais como o aumento da espessura dos revestimentos das paredes, mudança do tipo de forro e utilização de toldos se mostraram meritosas e não geraram grandes acréscimos de custo a construção e podem implicar em redução de custos de operação da edificação com a diminuição do uso de ventiladores e ar condicionados, servindo de referência para a comunidade local modificar suas habitações e futuros projetos e assim aumentar sua qualidade de vida.

REFERÊNCIAS

ABNT ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220**: Desempenho térmico de edificações – Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social". Rio de Janeiro, 2005.

_____. **NBR 15220**: Desempenho térmico de edificações – Parte 1: Definições, símbolos e unidades. Rio de Janeiro, 2005.

_____. **NBR 15220**. Desempenho térmico de edificações – Parte 2: Método de célulo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações. Rio de Janeiro, 2005.

_____. **NBR 15575**. Edificações habitacionais – Desempenho. Parte 1: Requisitos gerais. Rio de Janeiro, 2013.

_____. **NBR 15575**. Edificações habitacionais – Desempenho. Parte 4: Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas – SVVIE. Rio de Janeiro, 2013.

_____. **NBR 15575**. Edificações habitacionais – Desempenho. Parte 5: Requisitos para os sistemas de coberturas. Rio de Janeiro, 2013.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. **Eficiência Energética na Arquitetur**. 3 ed. Rio de Janeiro: Eletrobrás, 2014.

RIBEIRO, L.P. **Conforto Térmico e a Prática do Projeto de Edificações: recomendações para Ribeirão Preto**. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2008.

SORGATO, M.; MELO, A.; LAMBERTS, R. **Análise do método de simulação de desempenho térmico da norma NBR 15575**. 2014, p13-22.