

XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

DESEMPENHO TÉRMICO EM HABITAÇÕES DE INTERESSE SOCIAL INSERIDAS NA CIDADE DE JOINVILLE E RECOMENDAÇÕES PARA MELHORIAS DOS PARÂMETROS MÍNIMOS CONSTRUTIVOS¹

CECHINEL, Rodrigo J. (1); HACKENBERG, Ana M. (2); TONDO, Gabriela H. (3)

(1) UDESC, e-mail: macrorodrigo@gmail.com; (2) UDESC, e-mail: amcke@terra.com.br; (3) UDESC, e-mail: gabriela.tondo@gmail.com

RESUMO

A construção de edificações multifamiliares voltadas ao interesse social tem seguido os parâmetros mínimos estabelecidos pelos programas habitacionais brasileiros que desconsideram as zonas bioclimáticas locais. No caso de Joinville, a inobservância das recomendações previstas na NBR 15.220-3 para zona 5 resulta em habitações desconfortáveis internamente em dias de verão. Este artigo busca avaliar as condições atuais das horas anuais em desconforto térmico para o calor e frio nos condomínios multifamiliares A e B, que juntos possuem 784 unidades. Apresenta alternativas para melhoria do seu desempenho térmico, onde orienta e simula padrões que otimizam a circulação interna de ar por meio de ventilação natural e do sombreamento tipo brise em janelas. As simulações indicaram que a inclusão de brises para proteção contra radiação solar nas janelas em composição com a otimização da ventilação reduzem a temperatura dos ambientes da habitação e aumentam as horas anuais em conforto térmico. Há horas, porém, em que a temperatura interna extrapola o limite de 26°C, o que justifica a necessidade de ar condicionado.

Palavras-chave: Desempenho térmico. Simulação. Habitação de interesse social. Joinville. PMCMV.

ABSTRACT

The construction of multi-family buildings aimed at social interest has followed the minimum standards established by the Brazilian housing programs that ignore local bioclimatic zones. In the case of Joinville, the failure to comply with the recommendations laid down in NBR 15220-3 for zone 5 results in uncomfortable housing internally in summer days. This article aims to assess the current conditions for annual hours of thermal discomfort for heat and cold in condominiums A and B, which together have 784 units. It presents alternatives for improving their thermal performance, which orients and simulates patterns that optimize the internal circulation of air through natural ventilation and shading in windows. The simulations indicated that the inclusion of brises for protection against solar radiation in composition by optimizing ventilation reduce the temperature of housing ambient and increase the annual hours of thermal comfort. There are times, however, when the internal temperature surpasses the 26 ° C limit, which justifies the need for air conditioning.

Keywords: Thermal performance. Simulation. Social housing. Joinville. PMCMV

¹ CECHINEL, Rodrigo J.; HACKENBERG, Ana M.; TONDO, Gabriela H. Desempenho térmico em habitações de interesse social inseridas na cidade de Joinville e recomendações para melhoria dos parâmetros mínimos construtivos. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2016.

1 INTRODUÇÃO

Joinville está localizada ao norte do estado de Santa Catarina, região sul do Brasil. Possui uma área de 1.126,106 km², considerada a cidade catarinense mais populosa, estimada em 562.151 pessoas (IBGE, 2016). Possui um clima que se caracteriza pelas altas temperaturas e umidade elevada no verão (GRUMBERG, 2014). As simulações apresentam que as inobservâncias destas características climáticas aliadas a parâmetros mínimos dos programas habitacionais inadequados geram edificações quentes em dias de verão. Este artigo apresenta dados obtidos em simulação onde a otimização da ventilação aliada à inclusão de brises nas janelas podem reduzir as horas em desconforto térmico e o consumo de eletricidade.

1.1 Consumo de energia elétrica no Brasil

Grumberg (2014) afirma que o aumento da demanda por energia elétrica no Brasil é impulsionado pela elevação do poder aquisitivo da população, que possibilita a aquisição de bens de consumo que proporcionam conforto, caso dos aparelhos de ar condicionado.

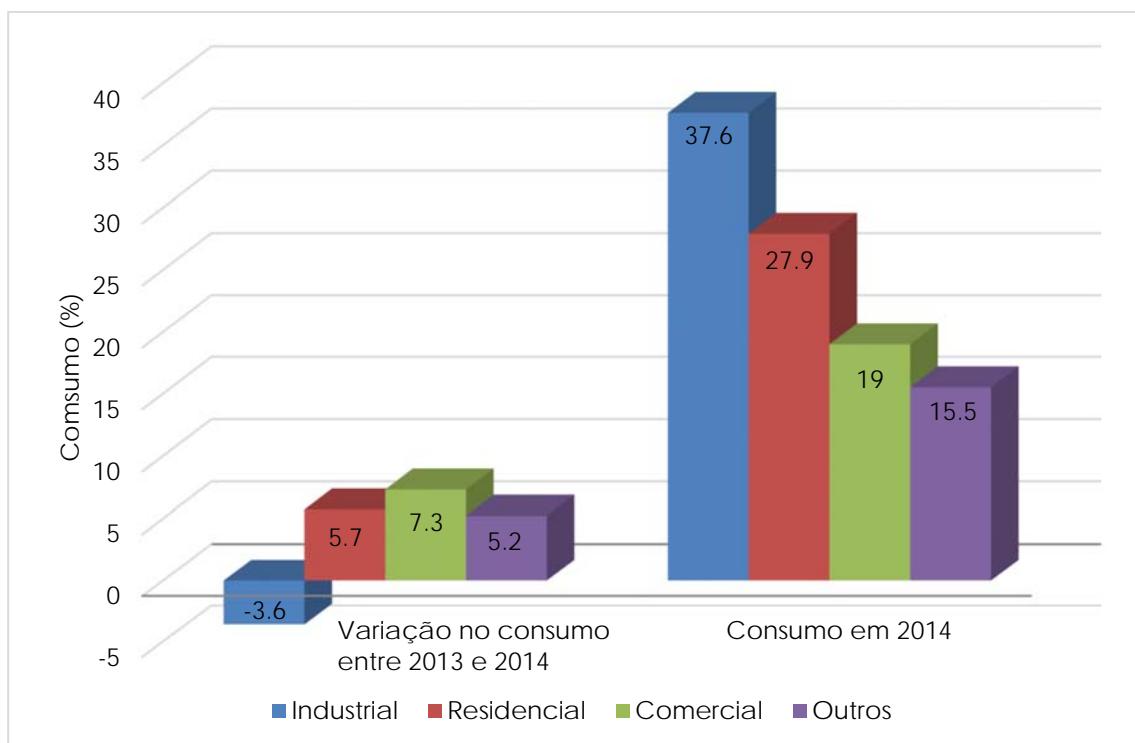
Eletrobrás (2014) apresenta um panorama do consumo e de geração de energia do Brasil, com uma matriz energética baseada em hidro energia. Observa-se que a redução de água e chuvas faz com que haja diminuição da produção de hidro energia com o consequente aumento da termo energia, conforme figura 1. Indica ainda os tipos e a intensidade do consumo de energia elétrica onde destaca-se o crescimento e a representatividade do consumo residencial quando comparado aos demais tipo de consumo, conforme figura 2.

Figura 1 – Geração de energia elétrica por tipo de fonte (GWh)



Fonte: Eletrobrás (2014)

Figura 2 – Consumo de energia elétrica no Brasil



Fonte: adaptado de Eletrobrás (2014)

1.2 Zoneamento bioclimático brasileiro

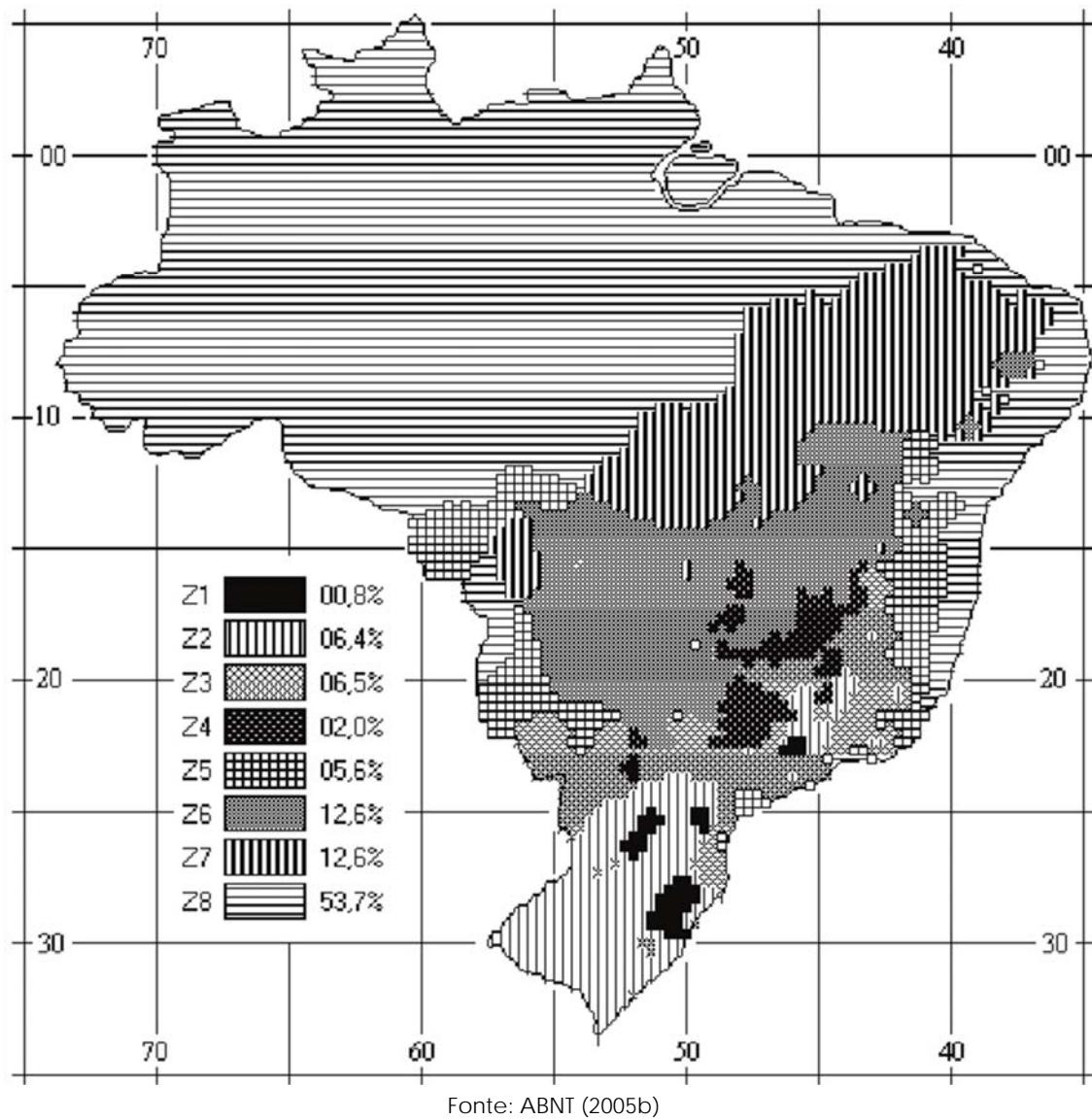
O zoneamento bioclimático deve ser observado ainda nas fases iniciais de projeto da edificação. Estratégias passivas bem dimensionadas que impactam positivamente na redução do consumo e obtenção da eficiência: ventilação, resfriamento evaporativo, inércia térmica, aquecimento solar passivo, ar condicionado, aquecimento artificial, iluminação natural e artificial. Edificações de pequeno porte (que é o caso de habitações de interesse social) possuem menor número de variáveis e, portanto, maior possibilidade de explorar alternativas para iluminação e condicionamento natural (LAMBERTS, DUTRA E PEREIRA, 2014).

A NBR 15.220-3 (ABNT, 2005b) apresenta algumas diretrizes para desempenho térmico em edificações no Brasil. O território está subdividido em 8 tipos de zonas bioclimáticas, conforme a figura 3. No caso de Joinville, inserido na zona 5, recomenda o sombreamento das aberturas e a otimização da ventilação.

1.3 Norma de desempenho

A NBR 15.575-1 (ABNT, 2013) trata dos requisitos gerais de edificações habitacionais na busca do desempenho e indica as seguintes necessidades dos usuários: segurança, habitabilidade e sustentabilidade. Para o desempenho térmico, identifica os requisitos da NBR 15.220-3 apresentando diretrizes construtivas para cada uma das zonas bioclimáticas.

Figura 3 – Zoneamento bioclimático brasileiro



1.4 Eficiência energética em habitações

Kelly (2011) mostra potencial para redução do consumo de energia elétrica em edificações com fins residenciais na Inglaterra e informa que o resultado positivo para eficiência depende das seguintes variáveis: a área das edificações, o clima local, o número de ocupantes e a sua renda familiar. Destaca que melhores resultados dependem também das seguintes covariáveis: mensurações da carga gerada pelos corpos humanos, padrões de uso e ocupação, informações demográficas e a cultura da região.

Pellegrino, Simonetti e Chiesa (2015) analisam edificações habitacionais típicas da cidade de Kolkata, na Índia e expõem que simples intervenções nas edificações, tais como revestimentos reflexivos, películas seletivas em

vidros e isolamento do telhado, aliado a um melhor entendimento e detalhamento do comportamento dos seus usuários, podem reduzir o desconforto térmico e evitar a dependência do ar condicionado. Destacam que há limitações no uso da ventilação natural, que depende de questões de segurança, como a proteção das aberturas das janelas com grades.

Fagundes (2014) apresenta o potencial para eficiência energética em edificações com fins habitacionais e que a inobservância por estas construções sobre os métodos estabelecidos pelo RTQ-R resulta na qualidade precária para conforto e eficiência destas edificações. Alterações simples no projeto e na escolha dos materiais da habitação podem gerar impacto significativo na economia de energia em sua operação.

Porto e Barbosa (2008) avaliam o desempenho térmico em três edificações de interesse social localizados na cidade de Londrina, comparando medições locais da temperatura à três métodos, NBR 15.220, PNBR 136 e horas de desconforto de Givoni. Indica que há irregularidade entre as metodologias e propõe mais estudos que busquem equiparar os resultados das metodologias com as medições locais obtidas.

Grunberg (2014) faz uma análise para edificações inseridas em Joinville e destaca as estratégias passivas indicadas pela NBR 15.220 para amenizar o desconforto causado pelo calor, mas informa que as mesmas podem prejudicar em dias de frio. Recomenda a ventilação natural (especialmente a noturna) e o sombreamento de aberturas para restaurar o conforto em dias quentes. Informa ainda que o tipo de cobertura influencia no desempenho térmico em maior magnitude que o aumento da inércia térmica das vedações verticais.

1.5 Programa Minha Casa Minha Vida (PMCMV)

A lei 11.977 institui o PMCMV com o objetivo de estimular a produção de novas unidades habitacionais e de direcionar um financiamento facilitado para aquisição de imóveis existentes. Indica o Ministério das Cidades como administrador do programa e o banco Caixa Econômica Federal (CEF) como gestor dos recursos financeiros (BRASIL, 2009).

Brasil (2016) traz as especificações mínimas das edificações habitacionais. Por meio do quadro1 é possível observar os itens que influenciam no desempenho térmico em apartamentos.

Quadro 1 – Especificações mínimas do PMCMV que influenciam no desempenho térmico de apartamentos

Tipo	Especificação mínima para apartamentos
Ambientes no interior da unidade habitacional	Sala / Dormitório para casal / Dormitório para duas pessoas / Cozinha / Área de serviço / Banheiro
Área mínima	41,00 m ²
Paredes	Bloco cerâmico ou de concreto com espessura mínima de 14cm, desconsiderando revestimentos. É aceitável solução com desempenho mínimo conforme NBR 15.575
	Nas zonas bioclimáticas de 3 a 8, pinturas externas com cores claras predominantes (absortância solar inferior à 0,4)
Pé direito	Mínimo de 2,50 m. Admite-se 2,30 m no banheiro
Cobertura de apartamentos	Conforme NBR 15.575, aplicada sobre laje, com telhado sobre estrutura de madeira ou metálica
	Beiral é opcional, pode haver platibanda. No caso de beiral, ou mínimo de 0,60 m ou 10 cm mais que a largura da calçada
	No uso de telhas cerâmicas esmaltadas, concreto ou fibrocimento, devem ser usadas cores claras
Revestimento externo	Concreto regularizado e plano, ou chapisco e massa única ou ainda emboço e reboco
Revestimento interno	Gesso, ou chapisco e massa única, ou emboço e reboco ou ainda concreto regularizado e plano. Desempenho conforme NBR 15.575
Janelas	Aberturas mínimas de 1,50 m ² nos quartos e 2,00 m ² na sala
	As esquadrias dos dormitórios devem permitir o escurecimento do ambiente com garantia da ventilação natural.
	As esquadrias de todos os ambientes devem possibilitar a abertura total da janela para a entrada da luz natural
	Nas zonas bioclimáticas 7 e 8, a abertura externa da sala deverá prever uso de sombreamento (veneziana, varanda, brise, beiral, anteparo ou equivalente)
Portas	Portas de acesso e internas em madeira
	Para regiões litorâneas e meios agressivos, admite-se porta de acesso em aço ou alumínio, desde que não haja vidros em altura inferior à 1,10 m em relação ao piso
Pisos	Piso cerâmico assentado sobre contrapiso impermeável com espessura mínima de 3,00 cm
Ventilação cruzada	Nas zonas bioclimáticas 7 e 8 é obrigatória a ventilação cruzada entre pelo menos duas fachadas diferentes, opostas ou adjacentes. Para as demais zonas é apenas recomendável
Ventilação noturna	Nas zonas bioclimáticas 7 e 8 é obrigatória a ventilação noturna com segurança nos ambientes de longa permanência (dormitórios e sala). Os dispositivos devem ter possibilidade de fechamento em períodos frios
Ventilador de teto	Nas zonas bioclimáticas 7 e 8 é obrigatória a instalação de ventilador de teto com selo Procel em ambiente de longa permanência (dormitórios e sala)

Fonte: adaptado de Brasil (2016)

2 METODOLOGIA

O programa EnergyPlus é utilizado para realizar as simulações, modelando-se uma unidade habitacional térrea para quatro ocupantes, com as cargas térmicas geradas pelos corpos, eletrodomésticos e iluminação. Foram inseridos os materiais de piso, paredes e teto e simulados três padrões:

- Sem ventilação e sem brises;
- Ventilação natural e ausência de brises;
- Ventilação natural e brises nas janelas.

O diagrama psicrométrico (GIVONI, 1992) estabelece o intervalo de 18 a 26°C para conforto térmico em climas quentes e úmidos, caso de Joinville. A ventilação natural está programada para ser ativada quando o ambiente externo possuir temperatura dentro da faixa de conforto, fazendo com que hajam trocas de ar mediante a abertura de portas e janelas, conforme tabela 1. Para temperaturas inferiores à 18 ou superiores à 26°C, a ventilação natural é encerrada, isolando o ambiente interno do externo.

Tabela 1 – Tipos e dimensões de aberturas

Abertura	Tipo	Dimensões (m)	Abertura para ventilação
Janelas em quartos	De correr	1.20x1.20	50%
Janela em cozinha	De correr	1.20x1.20	50%
Janela em sala	De correr	1.60x1.20	50%
Janela em banheiro	De correr	0.60x0.60	50%
Portas	De abrir	0.80x1.20	100%

Fonte: os autores

Nos resultados são comparadas as temperaturas internas obtidas nos três padrões simulados para os ambientes de maior permanência: cozinha, sala e quarto 1 e analisadas as horas anuais em conforto térmico e em desconforto (pelo calor e pelo frio).

2.1 Geometria da habitação

Os condomínios A e B são os maiores conjuntos habitacionais em Joinville, totalizando 784 unidades. Localizados na região sul da cidade, possuem 49 edifícios de 4 pavimentos com 4 apartamentos por andar, conforme figura 4.

Por meio de medições e observações de campo, é elaborada uma maquete eletrônica, conforme figura 5, de uma das unidades habitacionais. Neste arquivo são identificadas as zonas que farão parte das simulações.

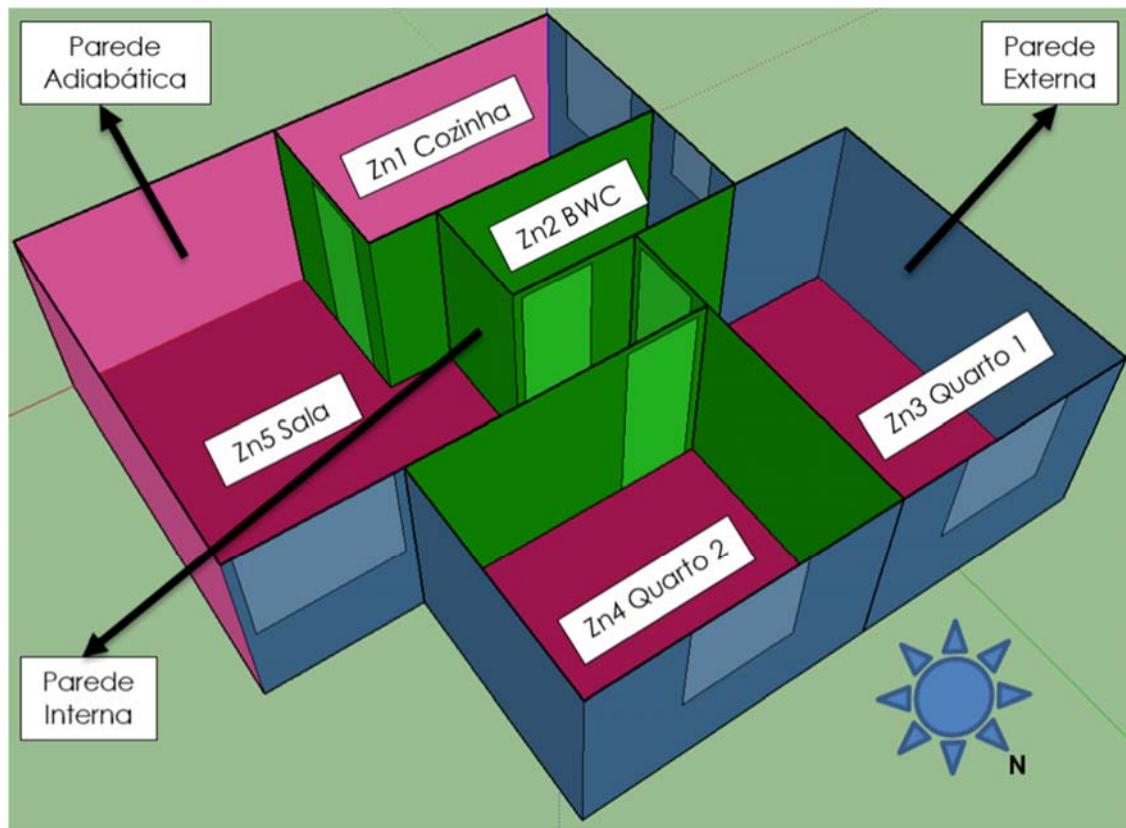
O dimensionamento dos brises horizontais atendem as condições de orientação norte e leste, latitude de 26°18'18" e em janelas com 1,20 m de altura, projetando-se 1,20 m além da abertura, na maior largura possível e visam maximizar o efeito de sombra, conforme figura 6. Esta composição não faz parte dos critérios mínimos e é proposta nas simulações.

Figura 4 – Condomínios multifamiliares A e B



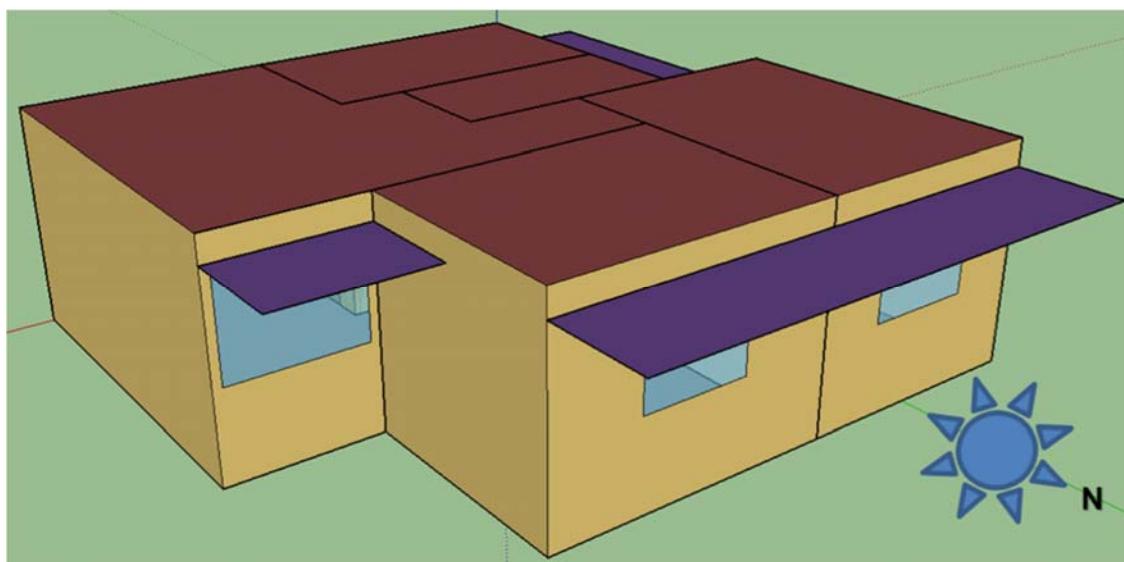
Fonte: os autores

Figura 5 – Paredes e zonas da unidade habitacional



Fonte: os autores

Figura 6 – Brises da unidade habitacional

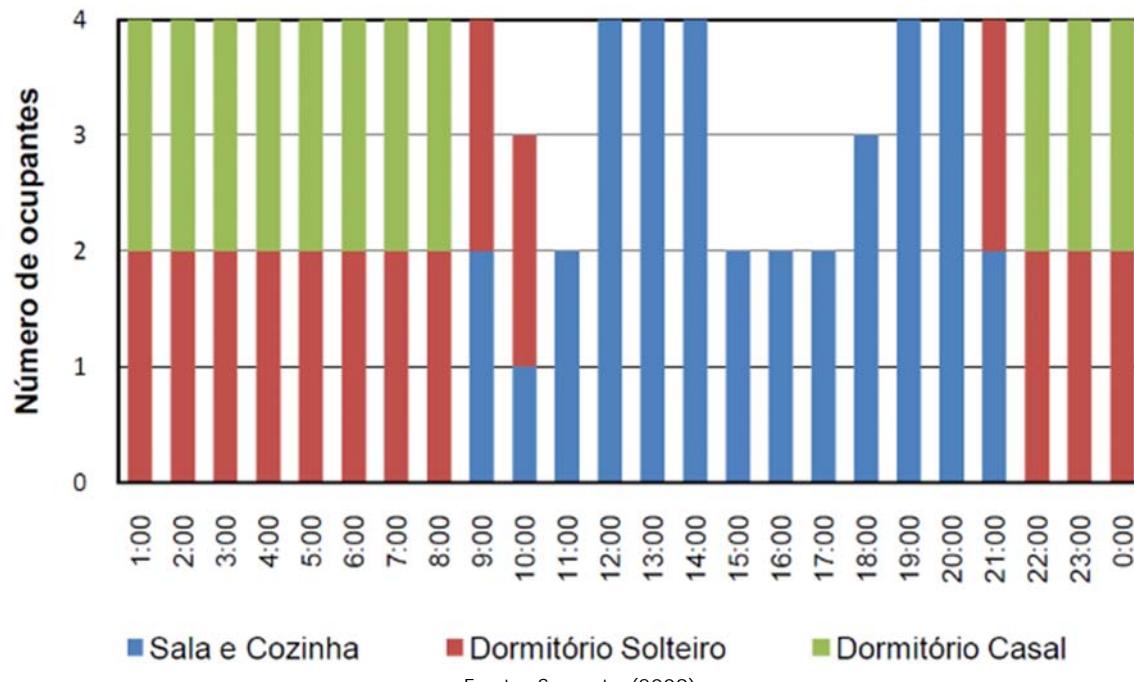


Fonte: os autores

2.2 Cronograma de uso da habitação

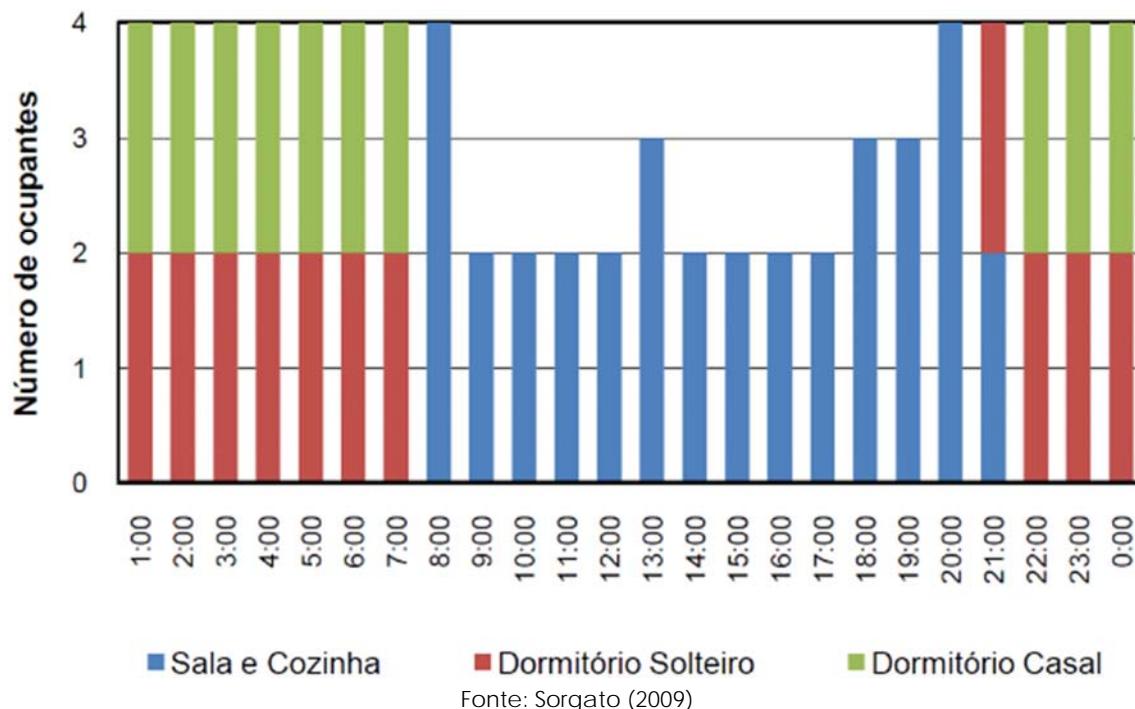
Os modelos de cronograma de ocupação de pessoas em dias e finais de semana estão definidos conforme figuras 7 e 8 respectivamente, iluminação em dias e finais de semana, conforme figuras 9 e 10. O uso de equipamentos segue conforme tabela 2 e as cargas geradas pelas pessoas quando em ocupação dos ambientes está conforme tabela 3.

Figura 7 – Cronograma de ocupação de pessoas em dias de semana



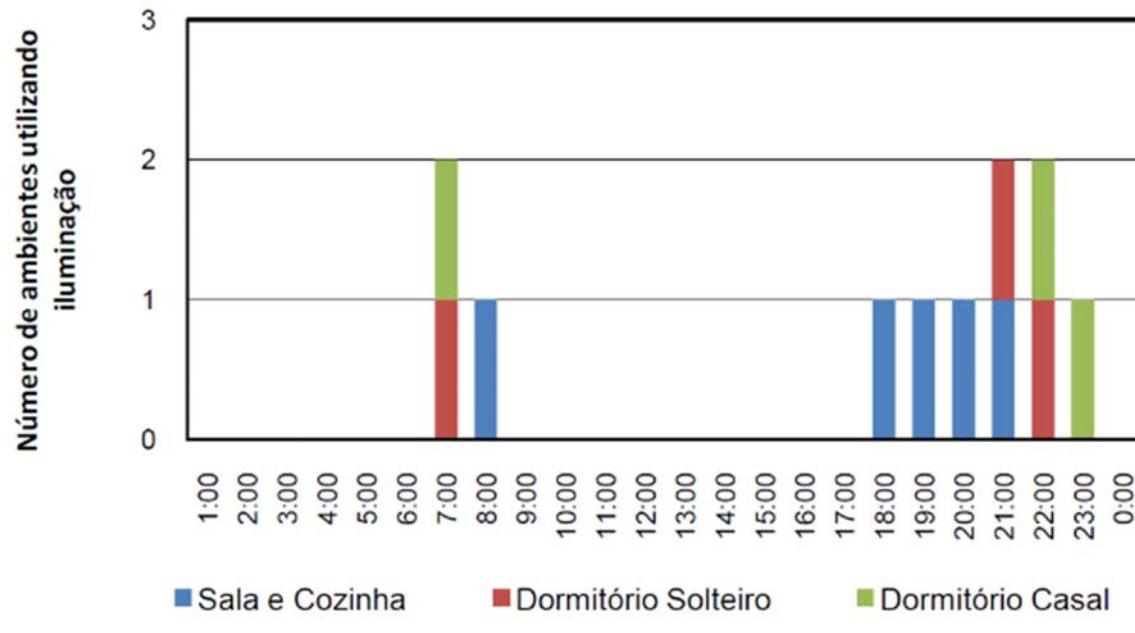
Fonte: Sorgato (2009)

Figura 8 – Cronograma de ocupação de pessoas em finais de semana



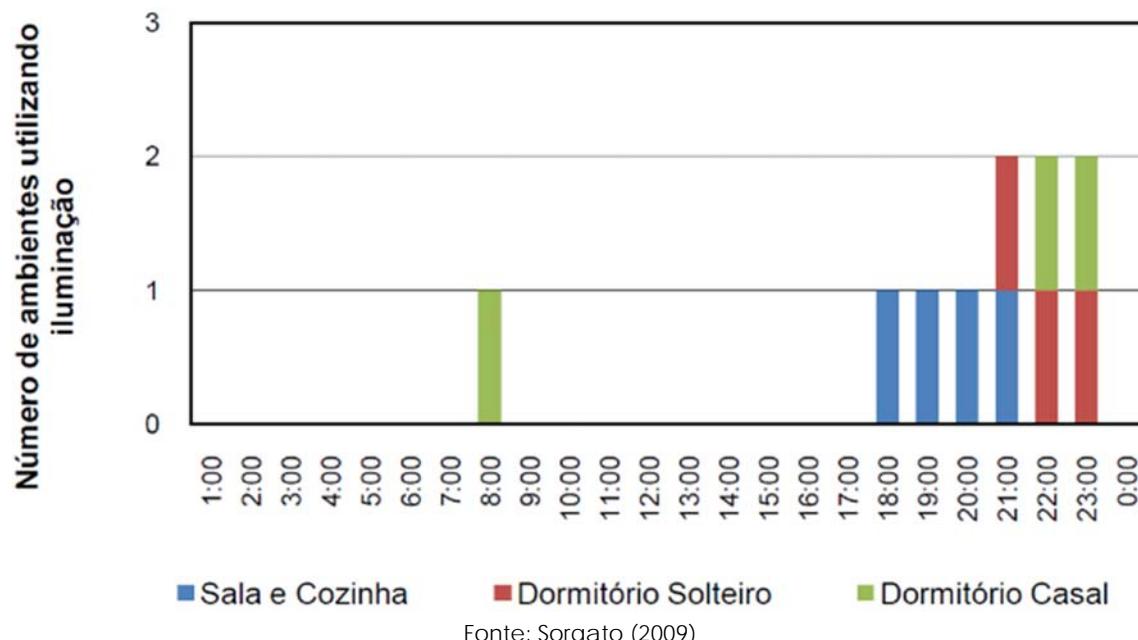
Fonte: Sorgato (2009)

Figura 9 – Cronograma de uso de iluminação em dias de semana



Fonte: Sorgato (2009)

Figura 10 – Cronograma de uso de iluminação em finais de semana



Fonte: Sorgato (2009)

Tabela 2 – Cargas de equipamentos nos ambientes

Zona	Período (horas)	Potência (Watts)
Cozinha	24	33,0
Sala	24	21,0

Fonte: adaptado de Sorgato (2009)

Tabela 3 – Cargas de pessoas nos ambientes

Zona	Período (horas)	Potência (Watts/pessoa)
Deitado ou reclinado (quartos 1 e 2)	Conforme figuras 7 e 8	82,8
Atividade sedentária em casa (sala e cozinha)	Conforme figuras 7 e 8	126,0

Fonte: adaptado de ISO 7730 (2005)

2.3 Construções e materiais

A habitação simulada possui as configurações da construída, conforme tabela 4. Os elementos construtivos elaborados com os materiais também são apresentados na tabela 5. O piso possui contato direto com o solo por se tratar de uma unidade térrea e é simulado no processo computacional do EnergyPlus. O teto possui contato com outra unidade habitacional, portanto simulado como superfície adiabática. O pé direito em todos os ambientes possui altura de 2,50 m. As paredes são em alvenaria de blocos de concreto e diferenciadas entre paredes externas, internas (que limitam ambientes) e adiabáticas (que limitam a unidade habitacional com outras unidades ou com a área comum).

Tabela 4 – Materiais da unidade habitacional

Campo	Unidade	Objeto 1	Objeto 2	Objeto 3	Objeto 4	Objeto 5	Objeto 6
Nome		Reboco 30mm	Alvenaria Concreto 25mm	Laje Concreto 200mm	Piso Cerâmico 10mm	Folha PVC 1mm	Madeira 30mm
Rugosidade		Rugoso	Rugoso	Rugoso	Rugoso	Suave	Suave Médio
Espessura	m	0.03	0.025	0.2	0.01	0.001	0.03
Condutividade térmica	W/m.K	1.15	1.75	1.75	0.9	0.2	0.29
Densidade específica	kg/m³	2000	2200	2200	1600	1200	800
Calor específico	J/kg.K	1000	1000	1000	920	1000	1340
Absortância térmica		0.7	0.7	0.7	0.9	0.9	0.9
Absortância solar		0.3	0.7	0.7	0.3	0.2	0.7
Absortância visível		0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7

Fonte: adaptado de ABNT (2005a)

Tabela 5 – Elementos construtivos da unidade habitacional

Campo	Objeto 1	Objeto 2	Objeto 3	Objeto 4	Objeto 5
Nome	Parede em Alvenaria Armada	Piso	Teto	Vidro das Janelas	Porta de Madeira
Camada Externa	Reboco 30mm	Laje Concreto 200mm	Laje Concreto 200mm	Vidro 3mm	Madeira 30mm
Camada 2	Alvenaria Concreto 25mm	Piso Cerâmico 10mm	Folha PVC 1mm		
Camada 3	Camada de Ar de 76mm em Parede		Camada de Ar de 6mm em Forro		
Camada 4	Alvenaria Concreto 25mm		Folha PVC 1mm		
Camada 5	Reboco 30mm				

Fonte: os autores

2.4 Arquivo climático

Em virtude do município de Joinville ainda não possuir arquivo climático tipo EPW para uso no EnergyPlus, é utilizado o da cidade de Itapoá-SC (LABEEE, 2015), que possui proximidade e latitude semelhante conforme preconizado na norma NBR 15.575-1 (ABNT, 2013).

3 RESULTADOS

Os gráficos dos resultados com simulações da habitação, para cada um dos ambientes, representam a influência de cada alternativa na temperatura interna ao longo do ano para a cozinha, quarto 1 e sala, conforme figuras 11, 13 e 15 respectivamente. São indicadas as quantidades de horas anuais em desconforto pelo calor e pelo frio com percentual comparativo ao anual (8760 horas), nas tabelas 6, 7 e 8. Gráficos radar comparam os resultados obtidos para cada uma das alternativas, conforme figuras 12, 14 e 16. Ao se simular a ventilação natural interna é possível observar expressiva redução da temperatura nos ambientes, mesmo com ocorrência de cargas e ocupação.

3.1 Aumento das horas anuais em conforto térmico

As figuras 11, 13 e 15 mostram que o ambiente externo apresenta sensação de conforto térmico em 61,40% do tempo, mas desconforto de 30,87% no frio e 7,73% no calor. As tabelas 6, 7 e 8 mostram valores de 91,64%, 95,55% e 93,44% (cozinha, quarto 1 e sala respectivamente) como sendo os melhores resultados para horas anuais em conforto térmico nestes ambientes. É possível afirmar que a edificação com brise e ventilação aumenta o bem-estar das pessoas no seu interior, mas que em parte do tempo é indicado o uso de condicionamento de ar no combate aos excessos de calor. A ausência de sombreamento e ventilação (causada pela inexistência de sombreamento em aberturas e pela impossibilidade de abertura das janelas no pavimento térreo pela ausência de grades e de segurança) proporciona conforto em apenas 30,74%, 70,88% e 44,00% das horas anuais na cozinha, quarto 1 e sala respectivamente. Este resultado mostra que há menos horas anuais em conforto térmico nos ambientes da cozinha e da sala simuladas do que no próprio ambiente externo.

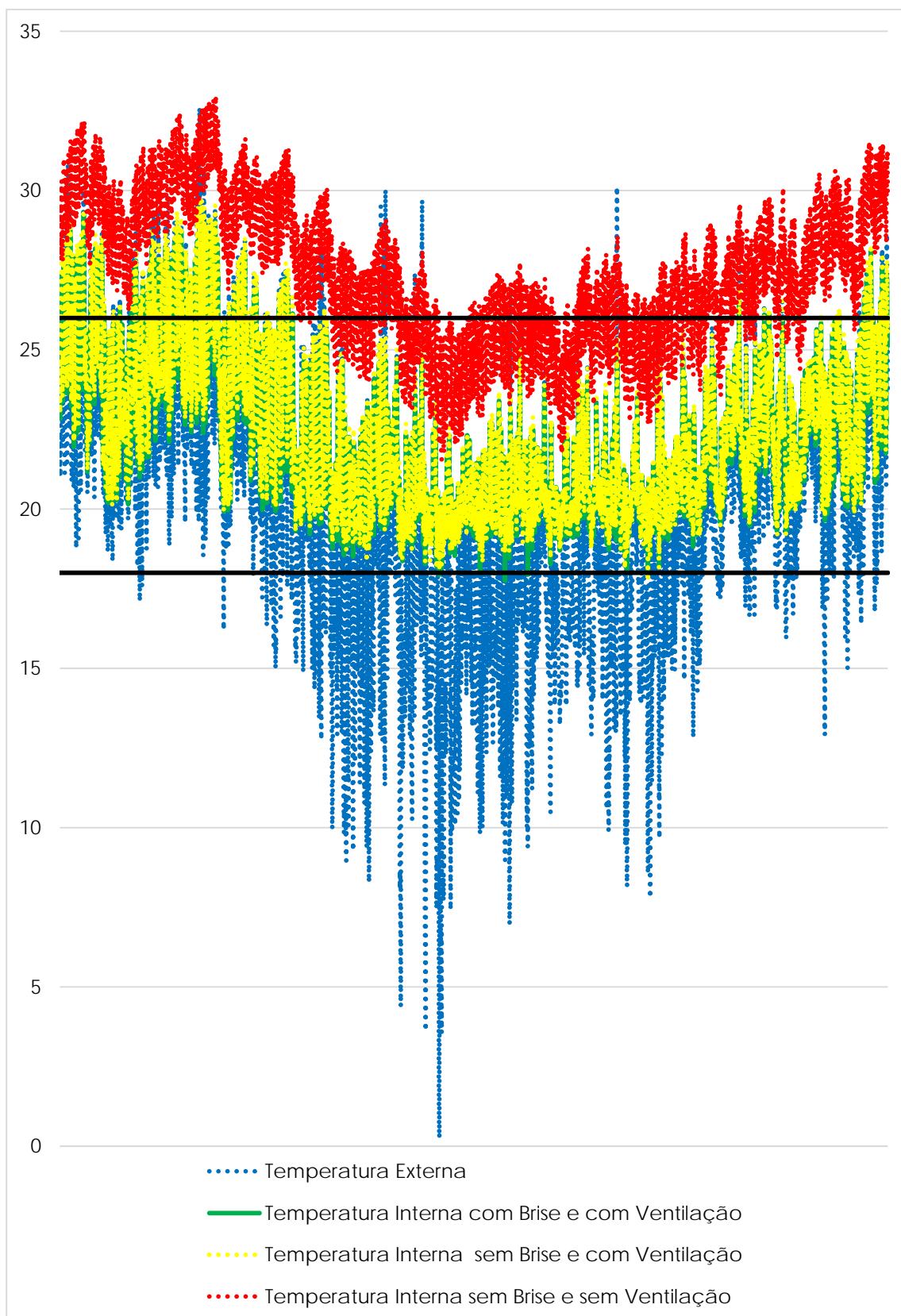
3.2 Aumento das horas em desconforto térmico para o calor

A tabela 6 indica que na cozinha há 8,32% de horas em desconforto pelo calor quando do uso de ventilação e brises. A ausência dos mesmos faz com que o ambiente tenha 69,26% de horas anuais no calor. Isto se deve à clausura do meio mediante a ausência de ventilação, ao ganho térmico através da insolação que entra pelas vedações e das cargas oriundas de equipamentos, iluminação e ocupação de pessoas.

3.3 Aumento das horas em desconforto térmico para o frio

As tabelas 6 e 7 indicam que há horas anuais em desconforto causadas pelo frio na cozinha (0,03%) e no quarto 1 (1,38%) quando é simulado o uso de brises com ventilação, porém são valores pouco expressivo. Esta condição pode ser explicada pela atuação dos brises e da ventilação em dias frios, onde os mesmos reduzem a insolação e aumentam as trocas de ar, porém esses são benéficos ao se analisar o ano como um todo.

Figura 11 – Variação anual da temperatura na cozinha



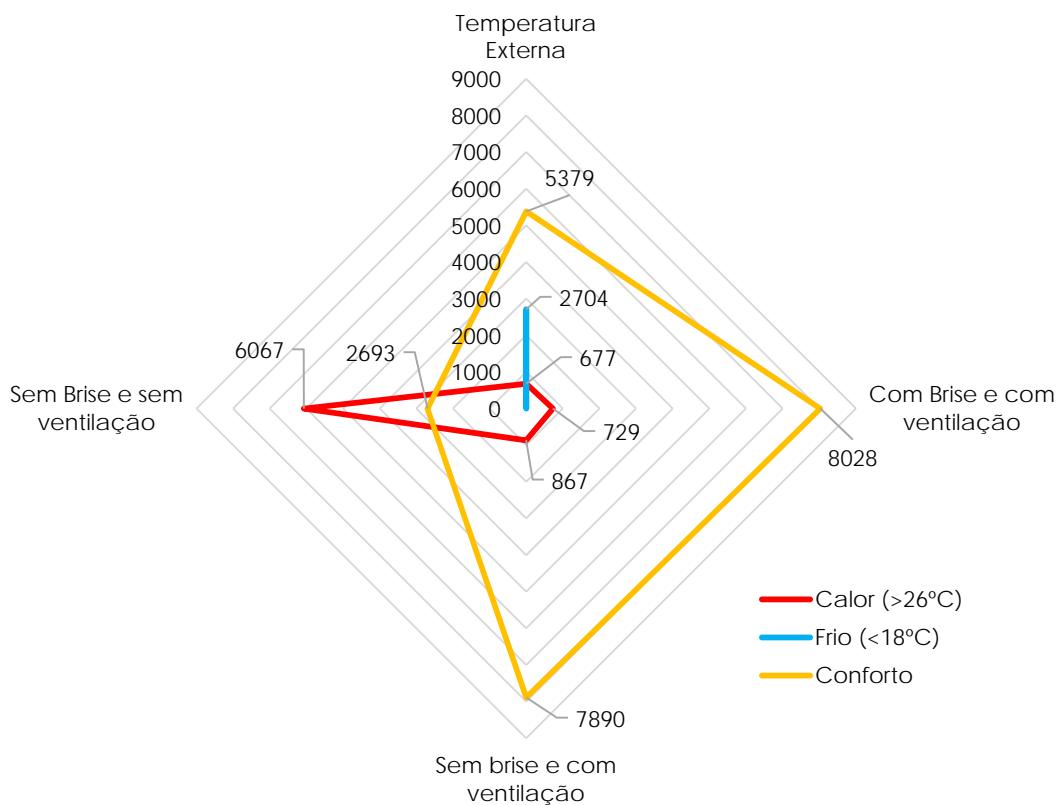
Fonte: os autores

Tabela 6 – Análise comparativa para conforto na cozinha

Análise comparativa	Horas em Calor (>26°C)	Horas em Frio (<18°C)	Horas em Conforto
Temperatura Externa	677 (7.73%)	2704 (30.87%)	5379 (61.40%)
Com Brise e com ventilação	729 (8.32%)	3 (0.03%)	8028 (91.64%)
Sem brise e com ventilação	867 (9.90%)	3 (0.03%)	7890 (90.07%)
Sem Brise e sem ventilação	6067 (69.26%)	0 (0%)	2693 (30.74%)

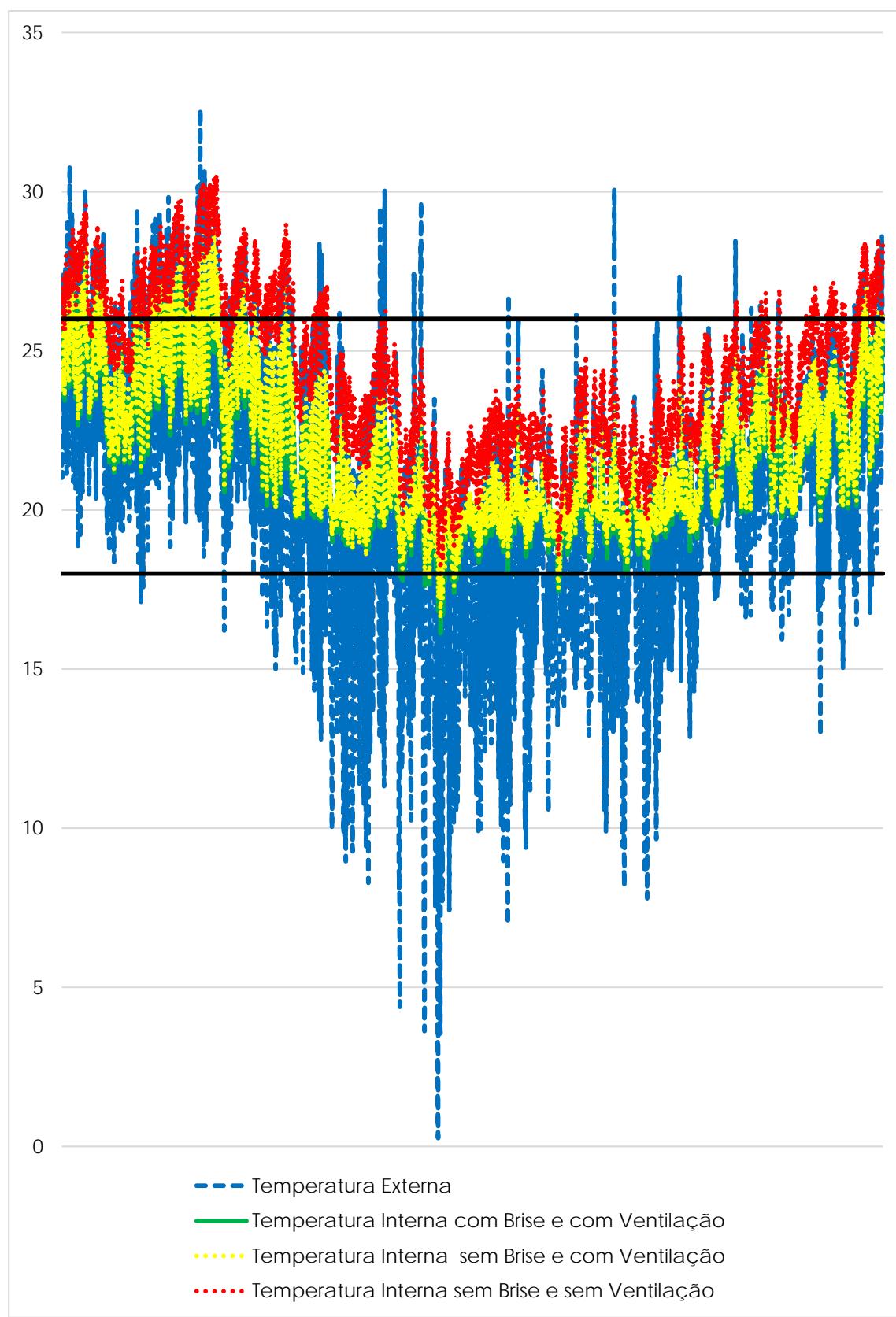
Fonte: os autores

Figura 12 – Comparativo de horas em desconforto térmico na cozinha



Fonte: os autores

Figura 13 – Variação anual da temperatura no quarto 1



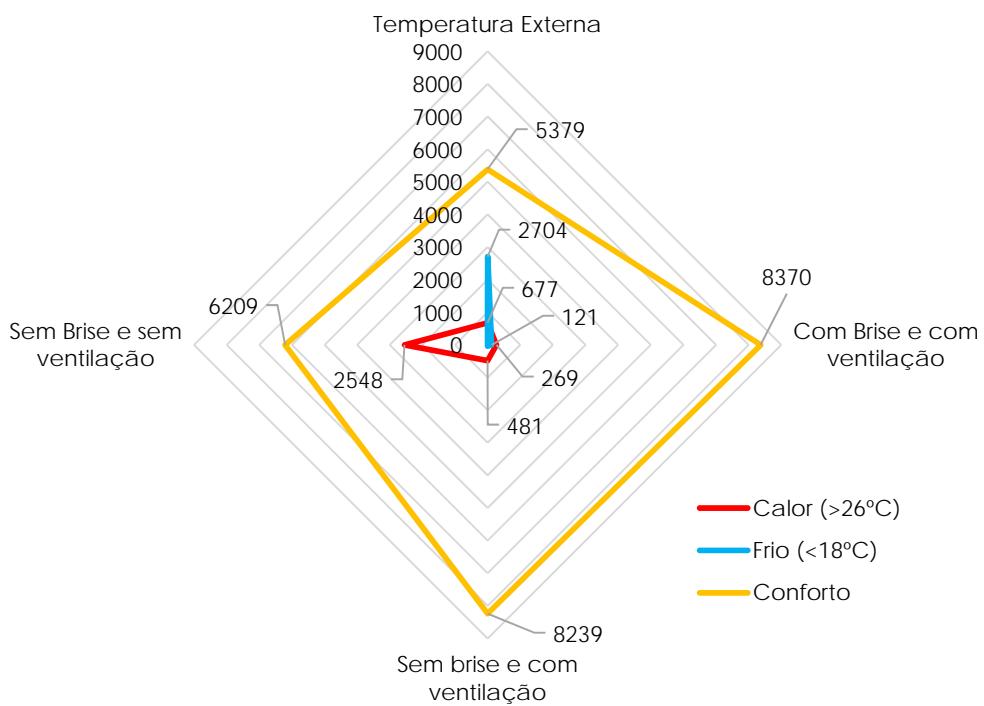
Fonte: os autores

Tabela 7 – Análise comparativa para conforto no quarto 1

Análise comparativa	Horas em Calor (>26°C)	Horas em Frio (<18°C)	Horas em Conforto
Temperatura Externa	677 (7.73%)	2704 (30.87%)	5379 (61.40%)
Com Brise e com ventilação	269 (3.07%)	121 (1.38%)	8370 (95.55%)
Sem brise e com ventilação	481 (5.49%)	40 (0.46%)	8239 (94.05%)
Sem Brise e sem ventilação	2548 (29.09%)	3 (0.03%)	6209 (70.88%)

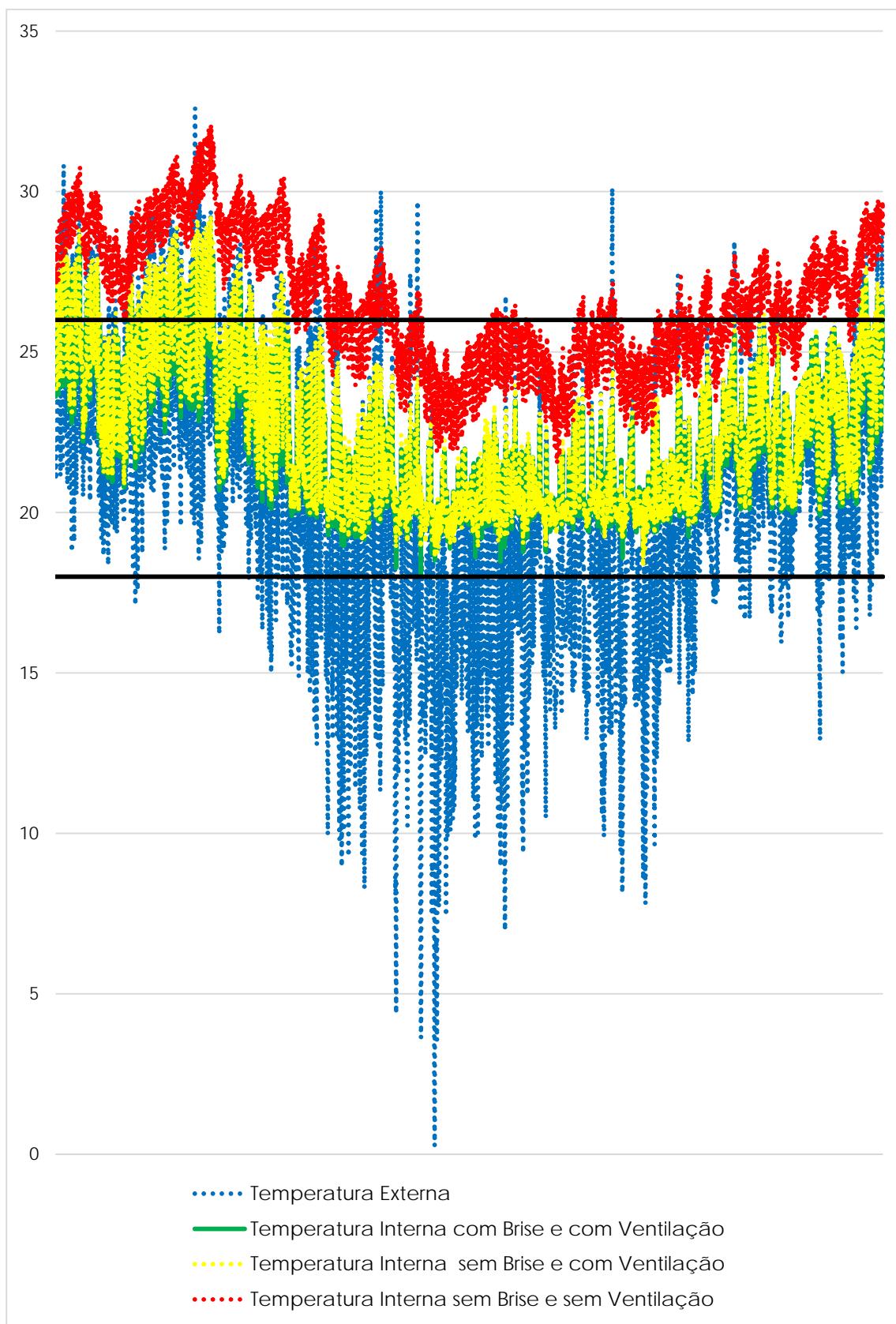
Fonte: os autores

Figura 14 – Comparativo de horas em desconforto térmico no quarto 1



Fonte: os autores

Figura 15 – Variação anual da temperatura na sala



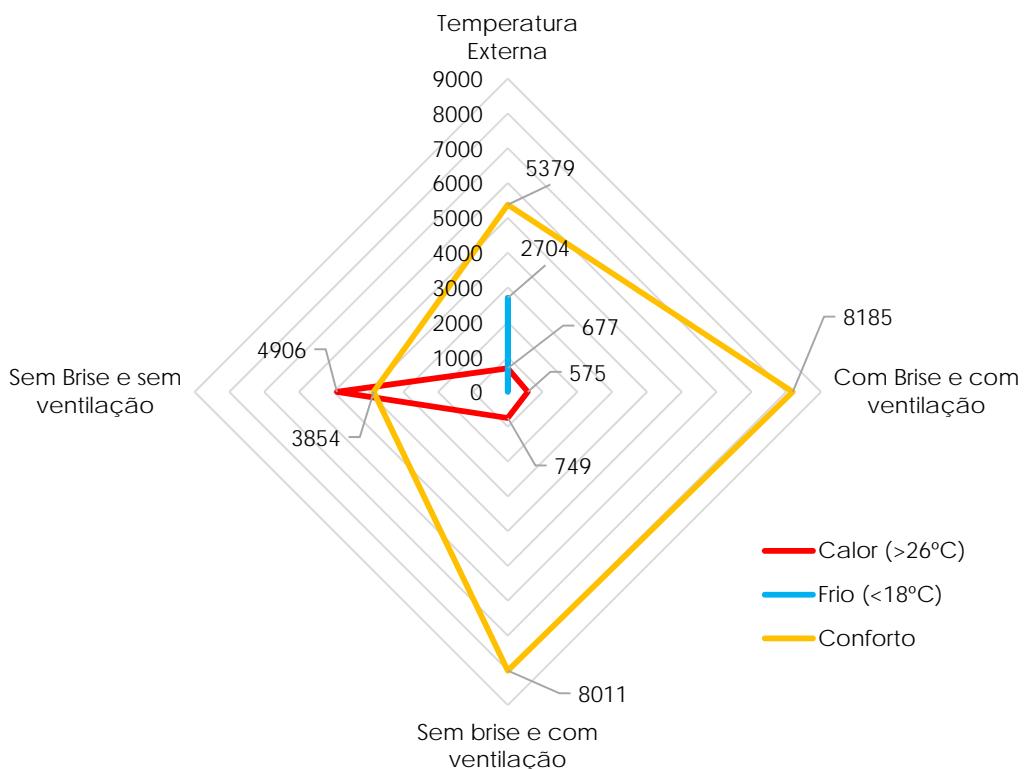
Fonte: os autores

Tabela 8 – Análise comparativa para conforto na sala

Análise comparativa	Horas em Calor (>26°C)	Horas em Frio (<18°C)	Horas em Conforto
Temperatura Externa	677 (7.73%)	2704 (30.87%)	5379 (61.40%)
Com Brise e com ventilação	575 (6.56%)	0 (0%)	8185 (93.44%)
Sem brise e com ventilação	749 (8.55%)	0 (0%)	8011 (91.45%)
Sem Brise e sem ventilação	4906 (56.00%)	0 (0%)	3854 (44.00%)

Fonte: os autores

Figura 16 – Comparativo de horas em desconforto térmico na sala



Fonte: os autores

4 CONCLUSÕES

Conclui-se por meio das simulações que a inclusão de brises para proteção contra radiação solar nas janelas em composição com a otimização da circulação interna do ar através da ventilação natural reduzem a temperatura dos ambientes da habitação e aumentam as horas anuais em conforto térmico, mantendo os ambientes melhor inseridos na faixa de conforto proposto pela carta psicrométrica. O potencial para uso de ventilação natural passiva em habitações de interesse social inseridas em Joinville é grande e recomendável.

A instalação de brises nas janelas é um dispositivo que é possível ser construído mesmo após a edificação ter sido implantada. Grades nas janelas dos pavimentos térreos para segurança também são desejáveis e

necessárias, uma vez que permitem a ventilação mantendo a segurança do imóvel. Em todos os modelos simulados há momentos em que a temperatura interna extrapola o limite de 26°C, justificando-se a necessidade de ar condicionado artificial, mas o tempo de utilização deste pode ser otimizado substancialmente, reduzindo assim o consumo de energia, o impacto sobre a diminuição da renda dos moradores e a dependência de eletricidade em momentos de pico.

REFERÊNCIAS

- ABNT ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 15.220-2:** Desempenho térmico de edificações - Método de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações. Rio de Janeiro, 2005a.
- _____. **NBR 15.220-3:** Desempenho térmico de edificações - Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Rio de Janeiro, 2005b.
- _____. **NBR 15.575-1:** Edificações habitacionais - Desempenho - Requisitos gerais. Rio de Janeiro, 2013.
- BRASIL. **Lei Federal n.º 11.977, de 7 de julho de 2009.** Dispõe sobre o Programa Minha Casa, Minha Vida – PMCMV e a regularização fundiária de assentamentos localizados em áreas urbanas. Brasília, 2009.
- BRASIL. **Ministério das Cidades: Programa Minha Casa, Minha Vida.** Disponível em: <<https://www.cidades.gov.br/habitacao-cidades/programa-minha-casa-minha-vida-pmcv>>. Acesso em: 9 jun. 2016.
- ELETROBRÁS, 2014. **Relatório Anual e de Sustentabilidade 2014.** Disponível em: <[http://www.eletrobras.com/ELB/services/eletrobras/ContentManagementPlus/FileDownload.ThrSvc.asp?DocumentID={A3FFCE79-0E6E-4C0C-939F-43D6B9C57676}&ServiceInstUID={3BF87DE9-F0D0-4EE0-8896-9F4EC9192EA7}&InterfaceInstUID={43E75488-3553-4625-B63E-95C057D46090}&InterfaceUID={72215A93-CAA7-4232-A6A1-2550B7CBEE2F}&ChannelUID={9EC79EDE-DF9D-43C3-AEF0-F7BB688145F7}&PageUID={79AE3C27-C7C8-4ED5-8746-AAC07B2C483E}">https://www.eletrobras.com/ELB/services/eletrobras/ContentManagementPlus/FileDownload.ThrSvc.asp?DocumentID={A3FFCE79-0E6E-4C0C-939F-43D6B9C57676}&ServiceInstUID={3BF87DE9-F0D0-4EE0-8896-9F4EC9192EA7}&InterfaceInstUID={43E75488-3553-4625-B63E-95C057D46090}&InterfaceUID={72215A93-CAA7-4232-A6A1-2550B7CBEE2F}&ChannelUID={9EC79EDE-DF9D-43C3-AEF0-F7BB688145F7}&PageUID={79AE3C27-C7C8-4ED5-8746-AAC07B2C483E}](http://www.eletrobras.com/ELB/services/eletrobras/ContentManagementPlus/FileDownload.ThrSvc.asp?DocumentID={A3FFCE79-0E6E-4C0C-939F-43D6B9C57676}&ServiceInstUID={3BF87DE9-F0D0-4EE0-8896-9F4EC9192EA7}&InterfaceInstUID={43E75488-3553-4625-B63E-95C057D46090}&InterfaceUID={72215A93-CAA7-4232-A6A1-2550B7CBEE2F}&ChannelUID={9EC79EDE-DF9D-43C3-AEF0-F7BB688145F7}&PageUID={79AE3C27-C7C8-4ED5-8746-AAC07B2C483E})
- FAGUNDES, R., 2014. **Aplicação do RTQ-R na avaliação da eficiência energética de edificações multifamiliares de interesse social para as zonas bioclimáticas brasileiras.** Dissertação de Mestrado. UFSM, Santa Maria.
- GIVONI, B. Comfort, Climate Analysis and Building Design Guidelines. **Energy and Buildings**, v.18, n.1, p. 11-23, 1992.
- GRUNBERG, Paula R. M., 2014. **Avaliação das estratégias bioclimáticas de projeto para clima quente e úmido através de simulação,** estudo de caso de edificação unifamiliar em Joinville/SC. Dissertação de Mestrado. UFPR, Curitiba.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Cidades, Santa Catarina, Joinville**. Disponível em:
<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=4209102>. Acesso em: 2 jun. 2016.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO). **ISO 7730**: Ergonomics of the thermal environment - Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteriaGeneva, 2005.

KELLY, S. Do Homes that Are More Energy Efficient Consume Less Energy? A structural equations model f the English residential sector. **Energy**, v. 36, n. 9, p. 5610-5620. 2011.

LABORATÓRIO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES (LABEEE), **Arquivos climáticos em formato EPW**. Florianópolis, UFSC, 2015. Disponível em:
<http://www.labeee.ufsc.br/downloads/arquivos-climaticos/inmet2015>. Acesso em: 2 jun. 2016.

LAMBERTS, Roberto; DUTRA, Luciano; PEREIRA, Fernando O. R. **Eficiência Energética na Arquitetura**. São Paulo: PW, 3^a Edição 2014.

PELLEGRINO, Margot. SIMONETTI, Marco, CHIESA, Giacomo. 2015. Reducing thermal discomfort and energy consumption of Indian residential buildings: Model validation by in-field measurements and simulation of low-cost interventions. **Energy and Buildings**, 2016, p. 145–158.

PORTE, Leandra; BARBOSA, Míriam. Avaliação do desempenho térmico de edificações de interesse social a partir de dados de Campo. **Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído**, 12, 2008, Fortaleza, CE.

SORGATO, J., 2009. **Desempenho térmico de edificações residenciais unifamiliares ventiladas naturalmente**. Dissertação de Mestrado. UFSC, Florianópolis.