

# CONFORTO TÉRMICO DE EDIFÍCIO ESCOLAR PADRÃO PROINFÂNCIA TIPO B EM TRÊS REGIÕES BIOCLIMÁTICAS BRASILEIRAS DISTINTAS<sup>1</sup>

SPAGNUOLO, A. Y. N., Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", e-mail: augusto.spagnuolo@gmail.com; SILVEIRA, G. W. P., Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", e-mail: guipetrini@gmail.com; SERRANO, A. C., Faculdades Integradas de Ourinhos, e-mail: ale-serrano@hotmail.com; MAGAGNIN, R. C., Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", e-mail: magagnin@faac.unesp.br; FARIA, O. B., Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", e-mail: obede.faria@gmail.com

## ABSTRACT

*Environmental comfort is an important feature for public buildings, especially those built in series by governmental programs. Between 2007 and 2017 the Proinfância program built 3314 kindergartens of the Type B project in 8 Brazilian bioclimatic zones. The objective of this paper is to evaluate if these projects are thermally comfortable in three distinct Bioclimatic Zones (BZ). It was carried out using thermal simulation with the Energyplus software in Canela-RS (BZ-1), Belém-PA (BZ-8) and Sorocaba-SP (BZ-3) with two different hypothetical orientations and extracted the operating temperatures of a reference room. The values was analyzed in comparison to the Adaptive Comfort Temperature of each locality and the results indicated that, in the average hours of use, 27% are in discomfort mainly for cold in Canela-RS, 43% in discomfort for heat in Belém-PA and 84% are in comfort in Sorocaba-SP. In the comparison of the orientation of buildings, it was observed that there is a variation of results in Belém-PA and a minimum variation in Canela-RS and Sorocaba-SP, related to the direct insulation of the envelope. The present study demonstrates that the adoption of standard designs, without modifications in implantation and in the envelope is an inadequate strategy to attend thermal comfort.*

**Keywords:** Thermal comfort. Kindergarten. Thermal simulation.

## 1 INTRODUÇÃO

Os projetos padrão são uma prática difundida na construção de edificações públicas para atender a programas governamentais setoriais. Neles, os projetos são elaborados a partir de um único programa de necessidades. As alterações projetuais são realizadas apenas para a implantação do edifício, em função de adequação ao terreno, com relação a acesso e orientação. No entanto, principalmente aqueles programas que visam atender todo o território brasileiro, as adequações realizadas na implantação do edifício não são suficientes para apropriá-lo ao local, pois questões importantes de projeto como insolação, ventilação, relevo e clima são desconsiderados nesta etapa, ocasionando problemas em relação à qualidade ambiental dos espaços (BARROS; KOWALTOWSKI, 2002).

Esta qualidade pode influenciar diretamente nas emoções e relações dos seres humanos (CHATZIDIAKOU; MUMOVIC; DOCKRELL, 2014; SCHNEIDER,

---

<sup>1</sup> SPAGNUOLO, A. Y. N., PETRINI DA SILVEIRA, G. W., SERRANO, A. C., MAGAGNIN, R. C., FARIA, O. B. Conforto térmico de edifício escolar padrão Proinfância tipo B em três regiões bioclimáticas brasileiras distintas. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 17., 2018, Foz do Iguaçu. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2018.

2002). A sensação de conforto é a ideal para a realização de qualquer atividade, sobretudo aquelas que necessitam de atenção. Para o processo de ensino e aprendizagem é desejável a situação de conforto ambiental como sua facilitadora.

No Brasil, entre os anos de 2007 a 2017 foram destinados recursos para a construção de mais de 7400 Escolas de Educação Infantil por meio do Programa Proinfância (BRASIL, 2017). Os edifícios foram executados segundo 4 projetos fornecidos pelo Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação – FNDE, que se diferenciam em função do número de crianças atendidas. O programa não permite alterações de projeto (acréscimo de ambientes), substituição de materiais de construção ou inclusão de dispositivos para adequação climática.

Diante desse contexto, o objetivo deste artigo é avaliar o projeto (padrão B) do Programa Proinfância, modelo com o maior número de implantações no país, para identificar o grau de adequação térmica em três Zonas Bioclimáticas distintas.

## 2 ESTRATÉGIA METODOLÓGICA

A avaliação foi realizada por simulação computacional por meio da utilização do software *Energyplus* 8.7.0, que mensurou as temperaturas operativas de uma sala aula de referência em três localidades distintas, nas direções de implantação norte-sul (0°) e leste-oeste (90°). As cidades selecionadas foram Belém-PA, Canela-RS e Sorocaba-SP, representando nessa ordem as Zonas Bioclimáticas (ZB) 8, 1 e 3, localidades onde foram implantadas 30,4%, 2,3% e 17,4%, respectivamente, unidades de ensino com projeto padrão B. Duas direções de implantação foram simuladas a fim de aferir a influência da insolação direta sobre as paredes e esquadrias. O nível do conforto térmico foi calculado considerando-se os parâmetros de conforto adaptativo definidos na norma ANSI/ASHRAE 55 (2013).

O edifício foi modelado utilizando o software *Sketchup* e o plug-in *Openstudio*, de acordo com os projetos e memoriais descritivos disponibilizados pelo FNDE (2012). Para obter maior precisão foram definidas duas zonas térmicas para o ático das coberturas interligadas e uma zona térmica para cada ambiente de ensino, conforme apresentado na Figura 1.

O software *Energyplus* utiliza da composição de elementos construtivos por camadas e em série, desconsiderando a geometria de objetos não homogêneos. Para contornar esta limitação foi utilizada a Biblioteca de Materiais e Componentes Construtivos Brasileiros para simulações no *VISUALDOE* (ORDENES *et al.*, 2003), programa com a mesma limitação que compartilha sem adaptações da biblioteca.

Para as salas de aula determinou-se a potência da iluminação instalada conforme caderno de especificações e projeto elétrico (FNDE, 2012), sendo 4 luminárias com duas lâmpadas tubulares fluorescentes de 32W. Nas zonas térmicas das salas de repouso utilizou-se a carga de 120W, referente a duas



Silveira (2014).

Utilizaram-se arquivos climáticos em formato “epw”, provenientes de dados medidos nas estações automáticas do INMET, disponibilizados pelo Laboratório de Eficiência Energética em Edificações (UFSC, 2016), que contem valores de temperatura do ar, umidade, direção, velocidade do vento e radiação solar para as 8.760 horas de um ano típico (RORIZ, 2012).

A partir da simulação foi obtida a temperatura operativa para as horas em funcionamento da sala de aula de referência em seis situações distintas.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados da simulação são expressos por dois indicadores: a) *graus hora de desconforto para frio e calor*, caracterizado pela soma das diferenças das temperaturas operativas horárias que ultrapassem os limites de conforto para calor e frio definidos, utilizado como um indicador global de desempenho; b) *distribuição mensal e horária do desconforto* em porcentagem das horas de uso do ambiente.

#### 3.1 Graus-hora em desconforto (Gh)

Os resultados mostram que apesar da variação de orientação representar um aumento de 10% em horas de desconforto para calor em Belém, ocorre um acréscimo de 69% de respectivo graus-hora, evidenciando o ineficiente desempenho térmico do edifício para a ZB-8. Situação semelhante ocorre em Sorocaba. Enquanto observa-se o aumento de apenas 2% em horas de desconforto por calor, para graus-hora o acréscimo foi de 22%. Os baixos índices apresentados demonstram adequação térmica do projeto para ZB-3.

Em oposição, para Canela, a mudança da orientação não resultou em significativa alteração dos graus-hora, verificando-se simultaneamente um aumento de desconforto devido ao calor e diminuição para o frio (Figura 2). O modelo analisado, no entanto, apresenta altas taxas de graus-hora de desconforto para o frio, evidenciando também o baixo desempenho térmico do projeto para regiões frias, como observado na ZB-1.

Na análise do modelo (padrão B) com orientação em 0°, em função da sala possuir uma parede externa voltada ao norte, protegida da radiação solar por um beiral de 1,2 metros e esquadrias voltadas a sul, há uma redução do aquecimento da edificação. O maior aquecimento na orientação 90° ocorre devido às paredes e esquadrias estarem orientadas no sentido leste-oeste e expostas a radiação solar.

Figura 2 – Comparação de graus-hora de frio e calor para os seis cenários.



Fonte: Os autores

### 3.2 Distribuição mensal e horária do desconforto

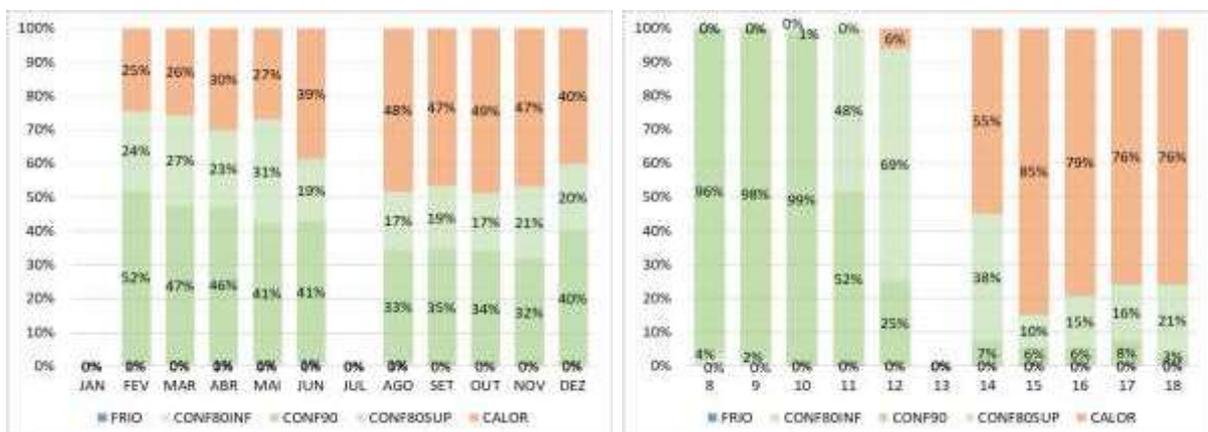
Para as duas direções de implantação em Belém-PA observa-se desconforto por calor superior a 25% das horas de uso e durante todos os meses do ano, sendo mais intenso em setembro na implantação em 90°. Nos períodos matutinos ocorre conforto térmico, já no vespertino predomina a sensação de desconforto por calor (Figuras 3 e 4). Para a orientação em 0° o modelo apresenta 62% das horas em conforto, reduzindo para 52% quando em 90°.

Figura 3 - Percentual conforto/desconforto mensal e horário – Belém (90°)



Fonte: Os autores

Figura 4 - Percentual em conforto/desconforto mensal e horário – Belém (0°)

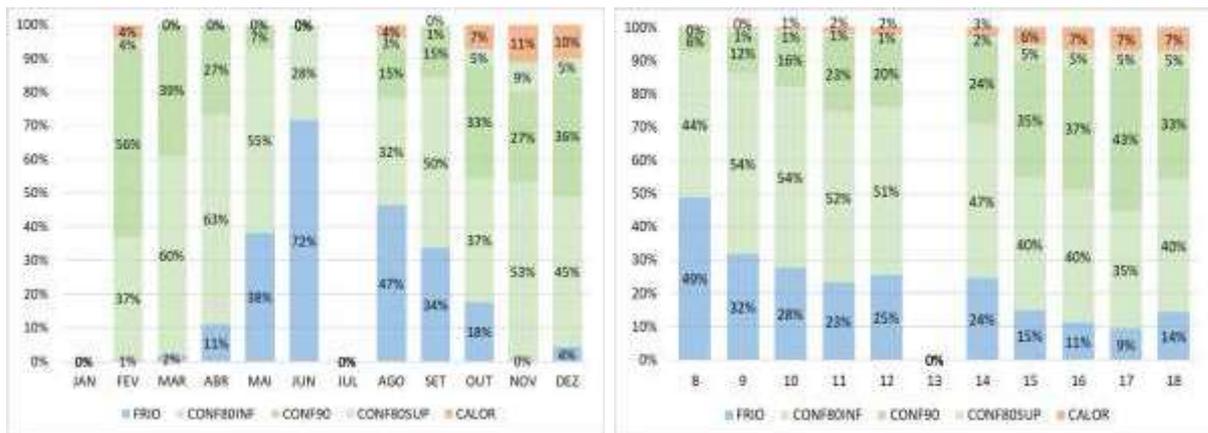


Fonte: Os autores

Em Canela-RS observou-se que predomina a sensação de conforto térmico durante o ano em ambas as direções de implantação, com exceção do mês de junho quando o desconforto para frio é proeminente chegando a 72% das horas de uso.

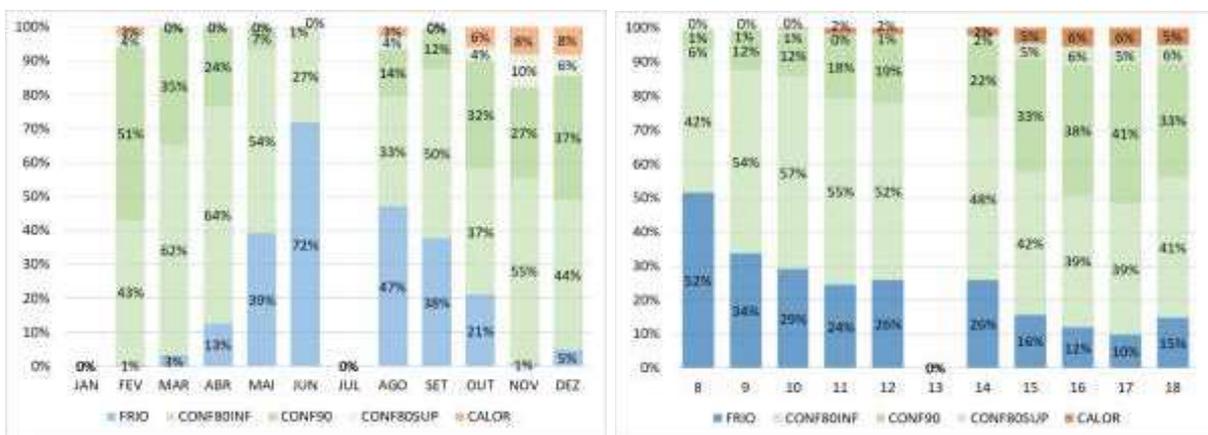
Ao contrário do que ocorre em regiões mais quentes, o maior desconforto, neste caso para o frio ocorre principalmente as 8h00 e se estende ao período matutino igualmente nas duas orientações (Figuras 5 e 6). Independente da orientação, o modelo apresenta 73% do período anual em situação de conforto para ZB-1.

Figura 5 - Percentual em conforto/desconforto mensal e horário – Canela (90°)



Fonte: Elaborado pelos autores

Figura 6 - Percentual em conforto/desconforto mensal e horário – Canela (0°)



Fonte: Elaborado pelos autores

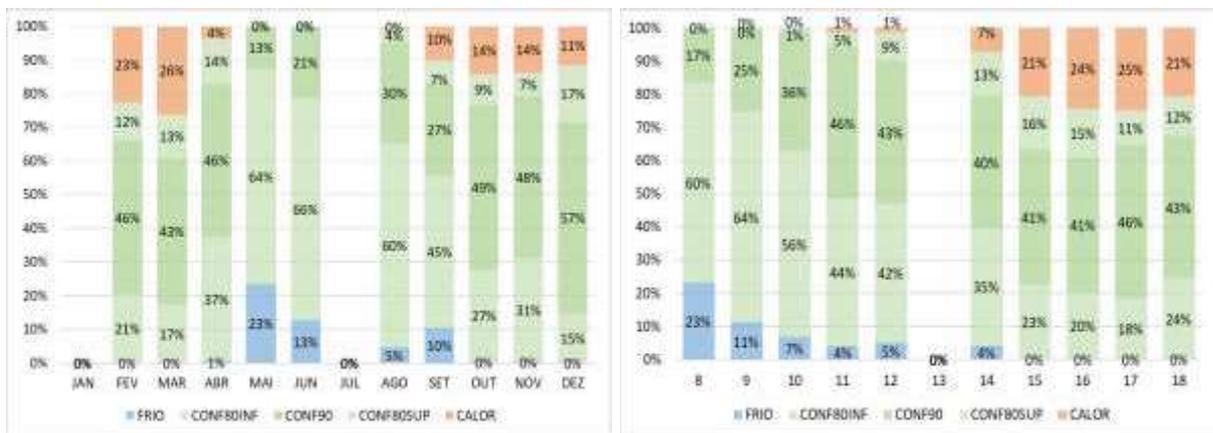
Em Sorocaba-SP o modelo apresentou 84% das horas de uso em conforto térmico, com redução para 83% com paredes no sentido leste/oeste (90°), sendo a distribuição predominante de conforto térmico durante todo o dia escolar. A alteração da orientação da implantação provocou pouca alteração da sensação de desconforto para ao calor, sobretudo no verão. (Figuras 7 e 8).

Figura 7 - Percentual em conforto/desconforto mensal e horário - Sorocaba (90°)



Fonte: Os autores

Figura 8 - Percentual em conforto/desconforto mensal e horário - Sorocaba (0°)



Fonte: Os autores

## 4 CONCLUSÕES

As escolas de educação infantil atendem a primeira fase de educação de uma pessoa, sendo que os edifícios devem proporcionar condições adequadas para o desenvolvimento pleno das crianças (DIAS, 2016). Aspectos como: conforto térmico dos usuários, acessibilidade, fluxos, e ergonomia podem afetar na qualidade espacial do edifício e interferir no aprendizado das crianças.

Os resultados obtidos nas simulações para as cidades de Belém, Canela e Sorocaba demonstraram que a alteração da localidade de implantação do edifício resultou em um índice significativo de horas de desconforto para calor (Belém) e também de horas de desconforto para frio (Canela) em ambos os sentidos de implantação, confirmando que a edificação não se adequa a estes zoneamentos bioclimáticos. Demonstrou-se sua adequação térmica à Zona Bioclimática 3. A mudança no sentido de implantação do edifício de 0° para 90° em Belém, interfere significativamente no tempo de desconforto para o calor. Identificou-se que nesta mesma zona bioclimática prevalece o desconforto por calor em ambos os sentidos de implantação, totalizando 80% das horas de utilização do período vespertino, tornando o

uso escolar inadequado nestes períodos.

Espera-se que o resultado deste artigo possa contribuir para a realização de um diagnóstico sobre a utilização dos Projetos Padronizados e assim colaborar para a definição de políticas de construção que considerem as características climáticas das diferentes regiões do país, com a substituição de materiais construtivos, utilização de dispositivos de proteção solar, avaliação dos projetos de implantação e o incentivo ao desenvolvimento de projetos específicos para cada unidade escolar.

## AGRADECIMENTOS

Ao professor Dr. João Roberto Gomes de Faria, pela contribuição no desenvolvimento deste trabalho.

## REFERÊNCIAS

ABNT ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575-1** Edificações Habitacionais — Desempenho Parte 1: Requisitos gerais. Rio de Janeiro, 2013.

ANSI/ASHRAE AMERICAN NATIONAL STANDARD INSTITUTE/AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS. **ASHRAE 55: Thermal environmental conditions for human occupancy**. Atlanta, 2013.

BARROS, L. A. F.; KOWALTOWSKI, D. C. C. K. Avaliação de projeto padrão de creche em conjuntos habitacionais de interesse social: o aspecto da implantação. In: NUTAU Núcleo de Pesquisa em Tecnologia da Arquitetura e Urbanismo, 2002, São Paulo. **Anais...** São Paulo-SP: USP, 2002.

BRASIL. **Transparência Pública - Obras FNDE**. Disponível em: <<http://simec.mec.gov.br/painelObras/>>. Acesso em: 2 fev. 2017.

CHATZIDIAKOU, L; MUMOVIC, D; DOCKRELL, J. **The Effects of Thermal Conditions and Indoor Air Quality on Health, Comfort and Cognitive Performance of Students**. London: The Bartlet, 2014. 22p.

DIAS, E. Q. **Acessibilidade espacial e inclusão em escolas municipais de educação infantil**. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura, Artes E Comunicação, UNESP, Bauru, 2016.

FNDE - FUNDO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO DA EDUCAÇÃO. **Projeto tipo B: revisão 2012 – R1**. Disponível em: <<http://www.fnde.gov.br/programas/proinfancia/eixos-de-atuacao/projetos-arquitetonicos-para-construcao/item/4816-tipo-b>>. Acesso em: 7 mar. 2018.

ISO INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 8996 Ergonomics of the thermal environment**. Determination of metabolic rate. Geneve, 2004.

ORDENES M.; PEDRINI, A.; GHISI, E.; LAMBERTS, R. **Metodologia utilizada na elaboração da biblioteca de materiais e componentes construtivos brasileiros para simulações no visualdoe-3.1**. Laboratório de Eficiência Energética em Edificações,

Núcleo de Pesquisa em Construção, Departamento de Engenharia Civil. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003. Disponível em: <[http://www.labeeee.ufsc.br/sites/default/files/publicacoes/relatorios\\_pesquisa/RP\\_Biblioteca\\_Materiais\\_VisualDOE.pdf](http://www.labeeee.ufsc.br/sites/default/files/publicacoes/relatorios_pesquisa/RP_Biblioteca_Materiais_VisualDOE.pdf)>. Acesso em 20 ago.2015>.

PEGLOW, J.; RITTER, V.; RONCA, A.; PEREIRA, R.; CUNHA, E.; RHEINGANTZ, P. Avaliação do conforto térmico de escola municipal de educação infantil em Pelotas/RS – ZB2. In: XVI Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 2016, São Paulo-SP. **Anais...** São Paulo-SP: USP, 2016.

RORIZ, M. **Arquivos Climáticos de Municípios Brasileiros**. São Carlos-SP, 2012. Disponível em: <[http://www.labeeee.ufsc.br/sites/default/files/arquivos\\_climaticos/sobre\\_epw.pdf](http://www.labeeee.ufsc.br/sites/default/files/arquivos_climaticos/sobre_epw.pdf)>. Acesso em: 15 ago. 2017.

SCHNEIDER, M. Do school facilities affect academic outcomes? **National Clearing house for Educational Facilities**. Washington v. 75, n. October, 2002. ISSN 1347-4820.

SILVEIRA, F. M. **Análise do desempenho térmico de edificações residenciais ventiladas naturalmente: NBR 15.575 e ASHRAE 55**. Dissertação (Mestrado em Arquitetura, Tecnologia e Cidade) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Campinas, SP. 2014. 240 p.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA. Laboratório de Eficiência Energética em Edificações. **Arquivos climáticos INMET 2016**. Florianópolis-SC, 2016. Disponível em: <<http://www.labeeee.ufsc.br/downloads/arquivos-climaticos/inmet2016>>. Acesso em: 15 ago. 2017.