AVALIAÇÃO DO NÍVEL DE CONFORTO TÉRMICO DE ESCOLA INFANTIL COM PROJETO-PADRÃO[1]

RITTER, V., Instituto Federal Sul-rio-grandense, e-mail: vivianeritter@yahoo.com.br; MODLER, N., Universidade Federal da Fronteira Sul, e-mail: nebora.modler@uffs.edu.br; MACIEL, T., Universidade Federal de Pelotas, e-mail: thalita-maciel@hotmail.com; FREITAS, F., Universidade Federal de Pelotas, e-mail: franciele_petri@outlook.com; CUNHA, E., Universidade Federal de Pelotas, e-mail: eduardogralacunha@yahoo.com.br; RHEINGANTZ, P. A., Universidade Federal do Rio de Janeiro, e-mail: parheingantz@gmail.com

ABSTRACT

This paper relates the results of a thermal comfort analysis of a School of Early-Childhood Education of the Proinfancia Program, with a standard and a modified design, located in a municipality in the Bioclimatic Zone 2, State of Rio Grande do Sul, Brazil. The method was structured in two parts: a walkthrough analysis was performed based on the Experiential Approach covering all parts of the built environment; and a three-stage computational simulation - modeling, simulation and analysis - of the thermal comfort level of the building considering the adaptative model from ASHRAE 55. The results emphasize: the difficult and the importance of approaching the occupancy profile of the environments in the simulations; the importance of the computer simulations for the arguments construction and procedures to modify habits, values, and practices of the designers and the occupants of the environments; and they also qualify our predictions and prescriptions for the real usage of the internal spaces, produced by the users, in order to the spaces can better meet their demands and wishes of well-being.

***Keywords**: Built environment. School Architecture. Early-Childhood Education. Thermal comfort. Computer simulation.*

1 INTRODUÇÃO

A partir do estudo de uma Escola Municipal de Educação Infantil (EMEI) com projeto-padrão Proinfância Tipo "B", localizada em município da Zona Bioclimática 2[2] (ZB2), no estado do Rio Grande do Sul, Brasil, este artigo relaciona os resultados de uma simulação computacional dos níveis de conforto térmico nas situações do Projeto Padrão e Modificado, com os de uma análise walkthrough.

Objetivando prestar assistência aos municípios na melhoria da infraestrutura de creches e pré-escolas escolas infantis, em 2007 o Governo Federal lançou o Proinfância[3] com previsão de construção de 8.908 EMEIs e projetos padrão desenvolvidos pelo Fundo Nacional para o Desenvolvimento da Educação

[1] RITTER, V., *et al*. Avaliação do conforto térmico de escola com projeto Padrão Proinfância. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 17., 2018, Foz do Iguaçu. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2018.

[2] Em virtude das restrições estabelecidas pela Secretaria Municipal de Educação foram eliminadas as referências à cidade e à EMEI.

[3] Programa Nacional de Reestruturação e Aquisição de equipamentos para a Rede Escolar Pública de Educação Infantil (BRASIL, 2007).

(FNDE)[4] (BRASIL, 2007).

Auditoria do Tribunal de Contas da União (TCU) (BRASIL, 2012b) nos projetos padrão FNDE/Proinfância, apontou inadequações decorrentes da falta de diagnóstico prévio sobre a diversidade climática e sociocultural brasileira, que resultaram na descontinuidade dos projetos-padrão Tipo "B" e "C" – substituídos em 2013 pelos de Tipo"1" e "2".[5]

Nesse contexto, a avaliação do conforto término de uma EMEI Tipo "B" se justifica pelo fato de 2.341 delas já estarem em uso e outras 1.121 em fase de licitação ou construção (BRASIL, 2018). Assim sua avaliação pode contribuir para o reabastecimento do ciclo projetual (ELALI, 2002).

2 MÉTODO

A avaliação do nível conforto térmico da EMEI foi dividida em duas partes: análise walkthrough e simulação computacional (Design Builder®v.3.4.0.041).

2.1 Objeto de estudo

Trata-se de uma edificação térrea com 5 setores (Figura 1) localizada em município da ZB2 (NBR 15220, 2005)[6]. A edificação foi modelada e configurada observando a situação existente quanto à configuração espacial, identificada como modificada em decorrência de alterações na configuração do pátio interno. Já a segunda configuração modelada é a caracterizada como projeto padrão do FNDE.

Figura 1 – Planta da EMEI Proinfância Tipo "B" adaptada

[4] Os projetos-padrão, Tipo "B" e "C", acolhem, respectivamente, 112 ou 60 crianças em dois turnos, e 224 ou 120 em turno único·

[5] Para acolher, respectivamente, até 120 crianças em dois turnos ou 240 em turno único, e até 94 crianças em dois turnos ou 188 em turno único.

[6] Devido a restrições impostas pela Secretaria Municipal de Educação, a identificação do município e da EMEI foram omitidas.



Fonte: Adaptado FNDE (2007)

2.2 Análise Walkthrough

Percurso dialogado alinhado com a Abordagem Experiencial (RHEINGANTZ et al., 2009) abrangendo todos os ambientes, complementado por fotografias, croquis e gravação áudio/vídeo (RHEINGANTZ et al., 2009) que combina observação com entrevista e possibilita: a identificação descritiva dos aspectos negativos/positivos dos ambientes; a articulação dos aspectos físicos comas reações dos seus ocupantes.

Realizada em junho de 2017 por três pesquisadores acompanhados da Coordenadora Pedagógica, a walkthrough requalificou a compreensão dos ambientes a partir das interações observador-ocupantes-ambiente. O grupo foi bem acolhido pelas crianças e professoras, que relataram suas vivências nos ambientes da escola. As observações foram registradas em fichas pré-elaboradas e em fotografias. A Secretaria Municipal de Educação não autorizou gravações de áudio e filmagens.

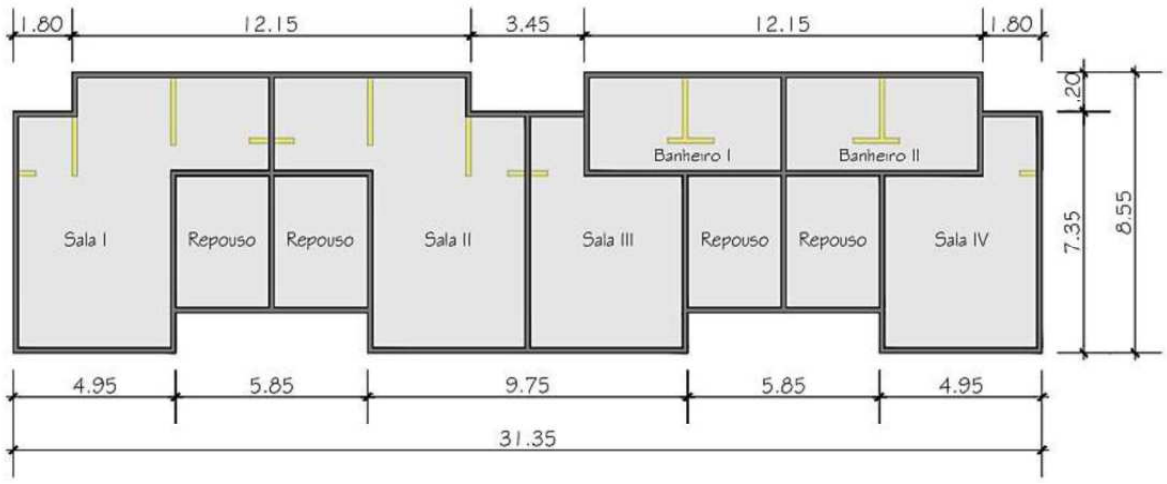
2.3 Simulação computacional

O processo de simulação computacional com o software Design Builder® seguiu três etapas: modelagem, simulação e análise de resultados.

2.3.1 Modelagem das zonas térmicas (ZT)

Seguindo o Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais (BRASIL, 2012a), neste estudo cada ambiente caracterizou uma ZT (Figura 2).

Figura 2 – Zonas Térmicas EMEI



Fonte: Autores, a partir do *DesignBuilder*®

Características do Envoltório

A Tabela 1 caracteriza o envoltório da edificação.

Tabela 1 – caracterização do envoltório da edificação

Sistemas construtivos - Envelope	**Caracterização**	**Transmit. Térmica U (W/m².K)**
Cobertura edificação	cobertura com telhas cerâmicas, câmara de ar e laje de concreto com tavelas e argamassa de reboco	2,05
Cobertura Pátio	cobertura com telhas cerâmicas	6,61
Paredes externas	paredes externas e internas compostas por camadas de reboco, cerâmica, câmara de ar, cerâmica e reboco (tijolos cerâmicos de 06 furos)	1,83
Pisos internos e externos	camadas de terra argilosa seca, contrapiso com camadas de brita, concreto, camada niveladora de argamassa e revestimento cerâmico[7]	0,68
Janelas	ferro com vidro 6 mm	5,77
Portas internas e externas	madeira compensada	1,67
Porta do pátio	vidro temperado	5,77

Fonte: *Autores*

Alguns elementos construtivos do pátio coberto aberto, como a cobertura em alumínio, além das coberturas em policarbonato dos espaços de circulação entre os blocos, não foram configurados, uma vez que eles não caracterizam zonas térmicas. Neste caso, o software possibilitou apenas a avaliação do sombreamento destas estruturas.

[7] Apesar de o piso ser de granitina, para a configuração no software, utilizou-se cerâmica pelo fato dos dois materiais possuírem valores de condutividade térmica e densidade de massa aparente próximos.

Configuração no Software (uso, ocupação e sistemas)

A configuração de agenda de iluminação, equipamentos, uso e ocupação de pessoas e abertura de janelas considerou o horário de ocupação das 8h às 17h. O levantamento de campo possibilitou mapear os equipamentos e obter os dados de uso e ocupação dos ambientes; configurar o sistema de iluminação; calcular a densidade de potência de iluminação instalada (DPI); e, calcular a densidade de carga interna (DCI). A edificação foi configurada com ventilação natural com *set point* de abertura das esquadrias definido em 25° C (MARTINS et al., 2009).

2.3.2 Simulação dos casos: Padrão e Modificado

Para avaliar comparativamente o nível de conforto térmico, os projetos Padrão e Modificado foram modelados e configurados no software DesignBuilder® (Figuras 3 e 4).

Como os ambientes são ventilados naturalmente, foi utilizado o índice de conforto adaptativo da ASHRAE 55 (2010) para a análise de conforto térmico, e o arquivo climático de cidade situada na ZB2. A temperatura do solo foi obtida a partir do Pré-processador *SLAB/Energy Plus®*.

A característica construtiva que diferencia os dois projetos é a configuração do pátio, que no Projeto Padrão é coberto e aberto, enquanto no Modificado as circulações laterais do pátio são fechadas com vidro temperado (zona fechada), e as circulações entre os blocos são cobertas (Figuras 5 e 6).

Figura 3 – Projeto Padrão Tipo "B"

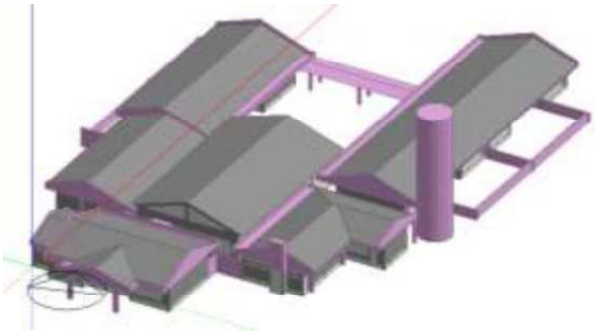
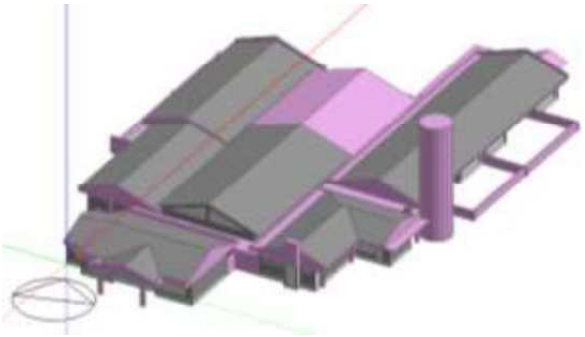
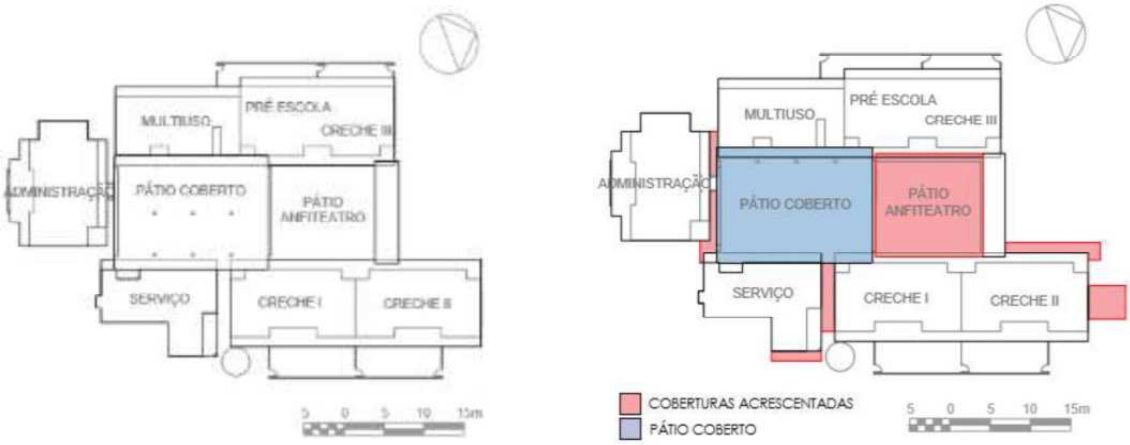


Figura 4 – Projeto Modificado Tipo "B"



Fonte: *DesignBuilder®* (2017)

Figuras 5 e 6 – Projetos Padrão e Modificado



Fonte: Adaptado FNDE (2016)

2.3.3 Análise dos Resultados

A Tabela 2 apresenta os resultados das simulações considerando a porcentagem de frio, calor e conforto térmico ao longo do ano, dos projetos Padrão e Modificado, de acordo com a ASHRAE (2010).

Tabela 2 - Avaliação por simulação dos Projetos: Padrão e Modificado.

EMEI TIPO B	FRIO (%)	CALOR (%)	CONFORTO TÉRMICO (%)
Padrão	6,44	39,30	54,26
Modificado	6,56	43,14	50,30

Fonte: Autores

Nos registros da walkthrough, o desconforto térmico por frio, principalmente no período entre maio-setembro é recorrente. Para as educadoras, o piso de granitina é o principal responsável pelo desconforto, pois o contato não permite o aquecimento dos pés. Também comentam que o piso não é adequado para as atividades realizadas no chão (Figura 7).

Figura 7 – Sala Berçário I



Fonte: Autores (2017)

A observação do conjunto Pátio Coberto-Refeitório evidenciou que as crianças ficam expostas ao frio durante as refeições. A ausência de forro

associada ao pé-direito elevado favorece as correntes de ar e dificulta o aquecimento no inverno (Figura 8).

Foram relatados dois problemas, relacionados com a ausência de ventilação cruzada, que ocasionam desconforto por calor nas salas de atividades: a) devido ao ruído gerado pela recreação das crianças, há necessidade de manter fechadas as janelas voltadas para o Pátio Coberto, durante algumas horas do dia; b) as cortinas das janelas voltadas para as áreas abertas são mantidas fechadas para evitar a incidência de radiação solar direta.

Figura 8 – Refeitório/Pátio coberto



Fonte: Autores (2017)

Por evitar a exposição das crianças às chuvas e ao frio, as educadoras consideram positivo o acréscimo de cobertura ao Pátio Anfiteatro/Recreação. Ao proporcionar sombreamento para as atividades das crianças, a cobertura também é útil nas estações e dias quentes (Figura 9).

Figura 9 – Pátio Anfiteatro/Recreação



Fonte: Autores (2017)

3 ENTRELAÇANDO OS RESULTADOS

Entrelaçando os resultados das avaliações é possível identificar algumas de suas limitações e potencialidades:

(1) a simulação indicou 6,56% de insatisfação com o desconforto por frio dos usuários ao longo de todo ano, enquanto no período de maio-setembro apontou 11%. Os resultados do walkthrough confirmaram os dados obtidos por meio da simulação, onde 100% das educadoras indicaram insatisfação por frio no mesmo período (maio-setembro), evidenciando a necessidade de aprofundar a pesquisa qualitativa, para melhor avaliar a discrepância entre os resultados e os métodos.

(2) a simulação facilitou a compreensão das opiniões das educadoras com relação ao desconforto térmico durante as estações quentes, embora a simulação não previsse o fechamento das janelas voltadas para o Pátio devido ao ruído, o que provavelmente proporcionaria um aumento no desconforto por calor, nos resultados da simulação, devido a ausência de ventilação cruzada.

4 CONCLUSÕES

Ao relacionar os resultados obtidos a partir de métodos de avaliação – análise walkthrough e simulação computacional do nível de conforto térmico de uma EMEI Tipo "B" localizada em município da ZB2, este estudo evidenciou:

(1) a necessidade e a importância de aproximar o perfil de ocupação dos ambientes nas simulações do seu uso em situações reais; exemplo: o uso de equipamentos no lactário e cozinha, ocupação da sala de professores, como também a taxa metabólica e a respectiva liberação de calor para o ambiente das crianças, já que a área de pele das crianças é menor.

(2) qualificar as previsões e prescrições dos uso sem situações reais dos ambientes, produzidas pelos ocupantes, para que os espaços possam melhor atender suas demandas e desejos de bem-estar; exemplo: operação dos caixilhos e proteções internas das esquadrias;

(3) a importância das simulações para a construção de recomendações com a intenção de modificar práticas de projetistas e ocupantes dos ambientes, exemplo, o uso de proteções internas e externas nas janelas, operação e projeto das esquadrias como também projetos de equipamentos e sistemas eficientes energeticamente.

(4) ao utilizar *softwares* de simulação termoenergética, é importante considerar que eles não preveem desconforto térmico localizados, como o desconforto ocasionado pelo piso frio. Essa limitação evidencia a importância do desenvolvimento de métodos qualitativos em que os ocupantes são ouvidos.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico (CNPq), à Coordenação de Aperfeiçoamento dos Profissionais de Nível Superior (CAPES) e à Fundação de amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul(FAPERGS).

REFERÊNCIAS

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

ASHRAE – AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS. 2009 **ASHRAE Handbook – Fundamentals.** SI Edition p. 9.19Atlanta, 2009. AIR CONDITIONING ENGINEERS. Standard 55**: Thermal environmental conditions for human occupancy.**ASHRAE: Atlanta, 2010.

BRASIL. Fundo Nacional para o Desenvolvimento da Educação (FNDE), Ministério da Educação. **Resolução nº 6, 24 abril2007. Programa Nacional de Reestruturação e Aparelhagem da Rede Escolar Pública de Educação Infantil.** Brasília: MEC/FNDE2007. Disponível em: https://www.fnde.gov.br/fndelegis/action/UrlPublicasAction.php?acao=abrirAtoPublico&sgl_tipo=RES&num_ato=00000006&seq_ato=000&vlr_ano=2007&sgl_orgao=CD/FNDE/MEC. Acesso em: 11 mar. 2018.

BRASIL. Fundo Nacional para o Desenvolvimento da Educação (FNDE), Ministério da Educação. Relatório Situação Creches por Tipologia. Planilha fornecida aos autores pela CODIN/FNDE em 22 fev. 2018.

BRASIL. Instituto Nacional de Metrologia Normalização e Qualidade Industrial (Inmetro). **Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais (RTQ-R)**. I. E. C. E. Ministério Do Desenvolvimento: INMETRO. Portaria n.18, 2012a.

BRASIL. Tribunal de Contas da União (TCU). GRUPO I – CLASSE V – Plenário TC 011.441/2012-7. **Relatório de Auditoria.** Fundo Nacional do Desenvolvimento da Educação e Secretaria de Educação Básica do Ministério da Educação. Brasília, 2012b. Disponível em: file:///C:/Users/Usu%C3%A1rio/Downloads/011.441-2012-7%20(Proinf%C3%A2ncia).pdf. . Acesso em: 14 mar. 2018.

BRASIL. Ministério da Educação. **Padrões de Infra-estrutura para as Instituições de Educação Infantil e Parâmetros de Qualidade para a Educação Infantil**. Brasilia: MEC, SEB, 2004. Acesso em: 10 jun. 2013.

ELALI, G. A. **Ambientes para educação infantil: um quebra cabeça? Contribuição metodológica na Avaliação Pós-Ocupação de edificações e na elaboração de diretrizes para projetos arquitetônicos na área**. São Paulo: USP, 2002.

MARTINS, D. J.; RAU, S. L.; RECKZIEGEL, S.; FERRUGEM, A. P.; SILVA, A. C. S. B. Ensaio sobre a Utilização da Automação de Aberturas na Simulação do Desempenho

Térmico de Edificações. In: Encontro Nacional de Conforto no ambiente Construído, 10. **Anais...**Natal, ENTAC, 2009.

RHEINGANTZ, P. A; AZEVEDO, G. A. N.; BRASILEIRO, A.; ALCANTARA, D.; QUEIROZ, M. **Observando a qualidade do lugar: procedimentos para a avaliação pós-ocupação**. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2009. Disponível em: http://www.fau.ufrj.br/prolugar/arq_pdf/livros/obs_a_qua_lugar.pdf >Acesso em: 10 jun. 2013.