

## **AValiação DO NÍVEL DE CONFORTO TéRMICO DE DOIS PROJETO S DE EMEIS A SEREM CONSTRuíDAS NA CIDADE DE PELOTAS/RS – ZB2**

**Luiza C. Quintana (1); Thalita dos S. Maciel (2);  
Carolina de M. Duarte (3); Carolina M. Beltrame (4); Rodrigo K. Leitzke (5); Jaqueline da S.  
Peglow (6); Paulo A. Rheingantz (7); Eduardo G. da Cunha (8)**

(1)(2)(3) Aluna do Curso de Arquitetura e Urbanismo; e-mail: [luiza\\_quintana@hotmail.com](mailto:luiza_quintana@hotmail.com), thalita-maciel@hotmail.com; carolinademesquitaduarte@hotmail.com;

(4) Arquiteta, aluna do Curso de Mestrado em Arquitetura e Urbanismo, e-mail: carolinabeltrame.arquitetura@gmail.com,

(5) Aluno do Curso de Ciência da Computação, e-mail: rodrigokarinileitzke@gmail.com

(6) Arquiteta, Mestre, Professora da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, e-mail: jaquelinepeglow@gmail.com

(7) Arquiteto, Doutor, Professor PROARQ/UFRJ, e-mail: parheingantz@gmail.com

(8) Arquiteto, Doutor, Professor do PROGRAU/FAUrb/UFPel - eduardograladacunha@hotmail.com  
Universidade Federal de Pelotas, Rua Benjamin Constant, 1359, Centro, Pelotas, RS  
CEP 96010-020, Tel: (0xx53) 3284-5509

### **RESUMO**

Este artigo relata um estudo de caso envolvendo o processo de avaliação do nível de conforto térmico de duas Escolas Municipais de Educação Infantil (EMEI) em Pelotas/RS, vinculadas ao Programa Proinfância, com projetos-padrão tipo 1 e 2, desenvolvidos pelo Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação (FNDE), em fase de licitação para construção na periferia da cidade de Pelotas-RS, zona bioclimática 2. Os projetos utilizam sistema construtivo convencional com estrutura de concreto armado, paredes de tijolos cerâmicos furados revestidos, telha termoacústica sanduíche e forro em fibra mineral. A metodologia contempla pesquisa bibliográfica e simulação computacional para avaliar e comparar o nível de conforto térmico das EMEIs com base em simulação termodinâmica por meio do software Design Builder (versão 4.7.0.027) e se dividiu em três etapas: definição dos objetos de estudo, simulação do desempenho térmico das edificações e análise de resultados. A análise dos resultados da simulação da EMEI foi baseada no modelo de conforto adaptativo da ASHRAE 55 (2010). Os resultados preliminares, relativos ao nível de conforto dos ambientes de permanência prolongada, indicam um baixo nível de conforto térmico e que o maior desconforto decorre do calor. O projeto-padrão 1 apresenta o menor nível de conforto térmico em decorrência de seu uso, ocupação e geometria. Com base nos resultados da análise foram propostas medidas de otimização desempenho das edificações a serem testadas na próxima etapa da pesquisa. Os resultados evidenciaram a importância do projeto padrão estar adaptado ao contexto climático local.

Palavras-chave: Simulação computacional, Conforto térmico, EMEI, Arquitetura Escolar, Educação Infantil.

### **ABSTRACT**

This paper reports a case study involving the level of thermal comfort evaluation of two Municipal Schools of Early Childhood Education (EMEI) in Pelotas-RS, linked to the Proinfância Program, with project patterns type 1 and 2, developed by the National Fund for the Development of Education (FNDE). In the process of bidding for construction in the periphery of the city of Pelotas-RS, bioclimatic zone 2. The projects use conventional constructive system with structure of reinforced concrete, walls with ceramic bricks of coated holes, thermoacoustic sandwich tiles and lining in mineral fiber. The methodology includes bibliographic research and computer simulation to evaluate and compare the level of thermal comfort of the EMEIs based on thermodynamic simulation using the Design Builder software (version 4.7.0.027) and

divided into three stages: definition of objects of study, simulation Of the thermal performance of buildings and analysis of results. The analysis of the results of the EMEI simulation was based on the adaptive comfort model of ASHRAE 55 (2010). Preliminary results, related to the level of comfort of the extended stay environments, indicate a low level of thermal comfort and that the greatest discomfort is due to heat. Based on the analysis of results were proposed measures of optimization performance of the buildings. The results evidenced the importance of the project patterns being adapted to the local climatic context.

Keywords: Computer simulation, Thermal comfort, EMEI, School Architecture, Early Childhood Education

## 1. INTRODUÇÃO

Até a promulgação da Constituição Federal do Brasil (1988) não havia preocupação com os direitos das crianças e o atendimento às crianças pobres era predominantemente de cunho assistencialista. As creches ocupavam edifícios adaptados e desprovidos da infraestrutura necessária para sua operação. Mas a partir 1988 a educação infantil das crianças pequenas (0 a 6 anos) deixou de ser uma caridade para se tornar um dever constitucional do Estado e responsabilidade dos municípios. Com a transformação em instituições de acolhimento e educação das crianças pequenas, a designação *creche*, associada à caridade com as crianças pobres, foi substituída por Escola Municipal de Educação Infantil (EMEI). Para fazer frente às novas demandas a Coordenação Geral de Educação Infantil (COEDI) do MEC produziu um documento preliminar de referência com a intenção de sistematizar conceitos e estratégias de apoio à concepção da edificação escolar para a educação infantil, com ênfase no dimensionamento, padrões de habitabilidade e racionalização dos processos construtivos, respeitadas as condições e especificidades locais e/ou regionais (BRASIL 2004). A publicação, distribuída e discutida com as secretarias municipais de educação em oito seminários regionais, resultou em um segundo documento de referência (BRASIL 2006) com o objetivo de possibilitar o cumprimento do preceito constitucional para a educação infantil. Mas na prática, pouca coisa mudou. Passados vinte e nove anos a infraestrutura necessária para cumprir o preceito constitucional, as diretrizes da educação infantil e a qualidade da infraestrutura das instituições públicas para a educação infantil segue problemática (BRASIL 2001-2010; BRASIL 2011-2020). No Município de Pelotas, por exemplo, a precariedade da rede de Escolas Municipais de Educação Infantil (EMEIs) motivou a Promotoria da Justiça da Infância e da Juventude a abrir um processo para sanar os problemas de infraestrutura existentes. Em resposta a Prefeitura Municipal e a Secretaria Municipal de Educação de Desportos (SMED) abriram duas frentes de ação: aderiram ao Programa Proinfância<sup>1</sup> para a construção de catorze novas EMEIs com projeto-padrão desenvolvido pelo Fundo Nacional da Educação (FNDE) e contrataram projetos de reforma e ampliação das vinte e sete unidades existentes. Apesar dos problemas e dificuldades decorrentes da opção pelos projetos-padrão em um país com dimensões continentais com diversidade climática e sociocultural, a precariedade e inadequação da infraestrutura das EMEIs existentes, a partir do Programa Proinfância, os projetos desenvolvidos pelo FNDE passaram a ser o parâmetro regulador, em escala nacional, da concepção, construção e uso das EMEIs. Ao direcionar as expectativas de oferta de edifícios e rever e renovar as especificações técnicas das EMEIs, se tornaram um novo paradigma para a concepção de edifícios e ambientes para a educação das crianças pequenas. Nesse contexto, o presente trabalho se vincula a uma pesquisa acadêmica que explora possibilidades e alternativas para a melhoria da qualidade e do desempenho ambiental das EMEIs com o projeto-padrão FNDE no Município de Pelotas, RS. Como princípio, busca contribuir para a superação das limitações e inadequações de uma concepção de educação que utiliza os espaços e o clima "de forma pouco criativa" (KOWALTOWSKI, 2010, p. 161) e de uma arquitetura escolar naturalizada e sacralizada pela falta de questionamento sobre as necessidades de relacionar a concepção e a organização dos seus ambientes. Atrelado ao fato das práticas pedagógicas das atuais demandas sociais (KOWALTOWSKI, 2010) tornarem as escolas brasileiras quase idênticas ao longo do tempo e do espaço (GOULART, 2011). Considerando que o Programa Proinfância e a opção pelos projetos-padrão foram decisões de Governo, existe interesse manifesto dos técnicos do FNDE para estruturar uma rede nacional com grupos de pesquisa vinculados às universidades públicas, com vistas a simular o desempenho termoenergético dos projetos-padrão das EMEIs nas diferentes regiões climáticas e contextos sócio-econômico-culturais. Diversos estudos realizados em ambientes de ensino em diferentes Zonas Bioclimáticas têm demonstrado situações desfavoráveis com relação ao conforto térmico, podendo comprometer a saúde e a disposição dos usuários nas suas atividades diárias (FARIA, 2013; KRÜGER, et al, 2004; CARVALHO, et

---

<sup>1</sup> Como parte das ações do Plano de Desenvolvimento da Educação (PDE) do Ministério da Educação (MEC), o Governo Federal criou em 2007 o Programa Nacional de Reestruturação e Aquisição de Equipamentos para a Rede Escolar Pública de Educação Infantil (Proinfância), com o objetivo de prestar assistência financeira aos municípios, disponibilizar projetos-padrão, auxiliar na construção e na aquisição de mobiliário e equipamentos para a rede física escolar desse nível educacional.

al, 2003; SILVEIRA, et al, 2003). De acordo com Batiz et al. (2009), a relação entre o conforto térmico e o processo de atenção e memória é de extrema relevância, desta forma a melhoria das condições térmicas do ambiente construído passa a ser determinante para a qualidade ambiental dos projetos de arquitetura escolar para a educação infantil. Nessa perspectiva, o artigo relata o processo de avaliação do nível de conforto térmico das EMEIs com projeto-padrão FNDE “tipo 1” e “tipo 2” a serem construídas na cidade de Pelotas, RS, Zona Bioclimática 2. Os projetos utilizam sistema construtivo convencional, com estrutura de concreto armado, paredes com tijolos cerâmicos de 6 furos revestidos, telhas termoacústica sanduíche e forro em fibra mineral. Como a envoltória da edificação participa ativamente das trocas térmicas com o meio externo, sua concepção é fundamental para o desempenho termoenergético do edifício. Como o entorno imediato também influencia o desempenho térmico das edificações ambas as EMEIs foram simuladas com a modelagem das edificações vizinhas. Nos estudos de caso, o nível de conforto térmico das EMEIs foi avaliado por meio de simulação computacional utilizando o software DesignBuilder, considerando o edifício ventilado naturalmente. Como indicador do nível de conforto térmico dos ambientes internos foi utilizado o Conforto Adaptativo da ASHRAE 55 (ASHRAE 2010).

## 2. OBJETIVO

O objetivo do estudo foi analisar o nível de conforto térmico de duas EMEIs com projeto-padrão FNDE a serem construídas em Pelotas/RS, sendo uma Tipo 1 (com capacidade de acolher até 376 crianças em tempo parcial ou 188 em tempo integral) e uma Tipo 2 (com capacidade de acolher até 188 crianças em tempo parcial ou 94 em tempo integral).

## 3. MÉTODO

Diante da carência de publicações relativas à arquitetura escolar para a infância no Brasil e dos objetivos do estudo, a pesquisa exploratória foi restrita (LIMA, 1985, 1989; ELALI, 2002; SOUZA, 2003, 2009; AZEVEDO et al 2009; FARIAS, 2011; NUNES, 2015) e incluiu a legislação e os documentos de referência produzidos pelo MEC (BRASIL, 2004, 2006). Foi utilizada como estratégia metodológica para avaliar e comparar o nível de conforto térmico das EMEIs a simulação termodinâmica com o software Design Builder (versão 4.7.0.027). Para tanto o trabalho foi dividido em três etapas: definição dos objetos de estudo, simulação do desempenho térmico das edificações e análise de resultados. (Figura 1)

| Etapa   | Descrição                                                | Objetivo da etapa                                                                                                                                                                                                                                                              |
|---------|----------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ETAPA 1 | - Definição dos objetos de estudo                        | - Apresentar os projetos arquitetônicos e descrever as características das envoltórias das EMEIs escolhidos para serem avaliadas.                                                                                                                                              |
| ETAPA 2 | - Simulação do nível de conforto térmico das edificações | - Analisar o nível de conforto térmico de todos os ambientes internos das EMEIs de acordo com os seus horários de funcionamento.                                                                                                                                               |
| ETAPA 3 | - Análise dos resultados                                 | - Através dos resultados obtidos para o nível de conforto térmico de cada EMEI e dos fluxos térmicos, determinar a influência do projeto, assim como, da geometria, da ocupação e dos usos no desempenho das edificações, possibilitando a definição de medidas de otimização. |

Figura 1 – Quadro resumo do método de pesquisa

### 3.1. Definição dos objetos de estudo

Para o desenvolvimento deste estudo foram escolhidos dois projetos-padrão de Escola Municipal de Educação Infantil (EMEI), aprovados no Programa Proinfância para serem implantados na cidade de Pelotas, RS, zona bioclimática Brasileira 2, sendo esses projetos, do Tipo 1 e 2. A EMEI Tipo 1 escolhida foi a Governação (Figura 2 e 3) e a Tipo 2, a Dunas (Figura 4 e 5) A escolha dos locais de implantação coube à Secretaria Municipal de Educação e Desportos (SMED) da Prefeitura Municipal de Pelotas, RS.

A EMEI Tipo 1 será construída em uma área com entorno consolidado, portanto foi simulada levando em consideração as interferências que essas edificações podem causar, porém a EMEI Dunas não possui um entorno imediato sendo simulada sem levar em consideração essa interferência.



Figura 2 – Entorno EMEI Governação. Fonte: Google Maps

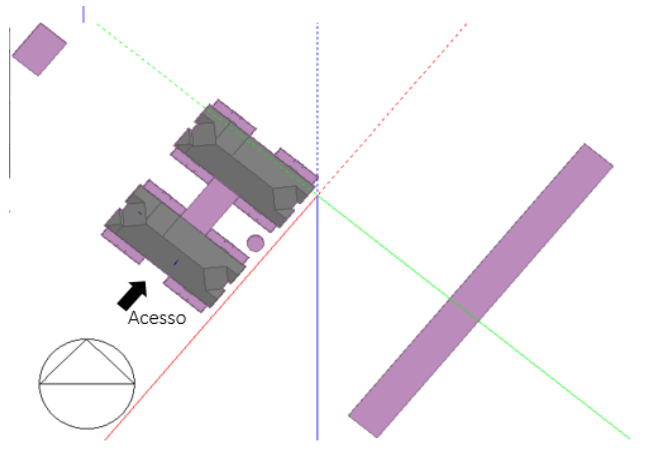


Figura 3–EMEI Governação modelada do software DesignBuilder



Figura 4 – Entorno EMEI Dunas. Fonte: Google Earth

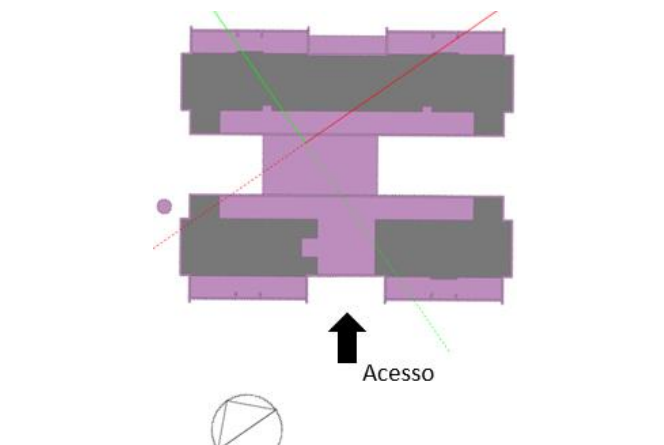


Figura 5–EMEI Dunas modelada do software DesignBuilder

### 3.1.1. Projeto de arquitetura

Os projetos de arquitetura foram definidos a partir do número de usuários e das necessidades operacionais cotidianas da creche. O projeto-padrão tipo 1 tem capacidade de acolher até 376 crianças em dois turnos ou 188 em período integral, enquanto o projeto-padrão tipo 2, tem capacidade de acolher até 188 crianças em dois turnos ou 94 em período integral. As EMEIs Tipo 1 (Figura 6) e Tipo 2 (Figura 7) são edificações térreas com área total de 1510,24m<sup>2</sup> e 890,33m<sup>2</sup>, distribuídas em dois blocos interligados por um pátio e por uma circulação coberta. Na área externa estão o playground, jardins, o castelo d'água e a área de estacionamento. Nas imagens abaixo, setorizamos a planta por cores, correspondendo o amarelo a área educacional, o vermelho às áreas comuns, o marrom ao serviço, o verde ao pedagógico e o roxo aos solários.

### 3.1.2. Características da envoltória

O sistema construtivo das duas EMEIs é de alvenaria convencional, com estrutura em concreto armado e fechamentos verticais em tijolos furados. A escolha desse sistema se deu em razão da facilidade construtiva, por se tratar de um modelo e técnica amplamente difundidos. Os modelos, materiais e características das esquadrias das EMEIs Tipo 1 e Tipo 2 são os mesmos, e sua aplicação está especificada no projeto arquitetônico e no memorial descritivo das mesmas. As portas e janelas de alumínio possuem caixilho de alumínio natural, com 5 cm de espessura e transmitância térmica de  $U = 5,88 [W/(m^2.K)]$ , com preenchimento em veneziana ou vidro. Os vidros são do tipo temperado liso incolor e possuem espessura de 8 mm e transmitância térmica de  $U = 5,70 [W/(m^2.K)]$ , para painéis maiores, e 6 mm e  $U = 5,78 [W/(m^2.K)]$ , para menores. Já nas portas de madeira as folhas são de madeira compensada de 35 mm, com pintura esmalte



cor platina, e com laminado melamínico, na cor branco gelo, e possuem transmitância térmica de  $U = 2,70$   $[W/(m^2.K)]$ .



Figura 6 – Projeto padrão Tipo 1. Fonte: FNDE



Figura 7 – Projeto padrão Tipo 2. Fonte: FNDE

As tabelas 1, 2, 3, 4 e 5 apresentam as principais propriedades da envoltória, em concordância com a NBR 15220 (ABNT, 2005). Os pisos das duas EMEIs possuem as mesmas características conforme tabela 3, alguns ambientes possuem piso cerâmico e outros ambientes piso vinílico.

Tabela 1 - Composição das paredes internas e externas

| EMEI TIPO 1                                                                                  |        |                              |                            |                                                                                              |        |                       |                            |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|--------|------------------------------|----------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|--------|-----------------------|----------------------------|
| PAREDES EXTERNAS<br>(Equivalentes a parede de tijolos de seis furos de 19 cm x 19 cm x 9 cm) |        |                              |                            | PAREDES INTERNAS<br>(Equivalentes a parede de tijolos de oito furos de 9 cm x 14 cm x 19 cm) |        |                       |                            |
| Constituição                                                                                 | e (m)  | $\lambda = [W/(m.K)]$        | U<br>[W(m <sup>2</sup> K)] | Constituição                                                                                 | e (m)  | $\lambda = [W/(m.K)]$ | U<br>[W(m <sup>2</sup> K)] |
| Reboco                                                                                       | 0,0250 | 1,1500                       | 2,00                       | Reboco                                                                                       | 0,0300 | 1,1500                | 1,64                       |
| Cerâmica                                                                                     | 0,0670 | 1,0500                       |                            | Tijolo maciço                                                                                | 0,2407 | 0,6200                |                            |
| Câmara de Ar                                                                                 | 0,0300 | R = 0,16 m <sup>2</sup> .K/W |                            | Reboco                                                                                       | 0,0300 | 1,1500                |                            |
| Cerâmica                                                                                     | 0,0670 | 1,0500                       |                            |                                                                                              |        |                       |                            |
| Reboco                                                                                       | 0,0250 | 1,1500                       |                            |                                                                                              |        |                       |                            |

e = espessura     $\lambda$  = condutividade térmica    U = transmitância térmica

Tabela 2 - Composição das paredes internas e externas

| EMEI TIPO 2                                                                                   |        |                              |                            |                                                                                              |        |                              |                            |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|--------|------------------------------|----------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|--------|------------------------------|----------------------------|
| PAREDES EXTERNAS<br>(Equivalentes a parede de tijolos de seis furos de 19 cm x 14 cm x 39 cm) |        |                              |                            | PAREDES INTERNAS<br>(Equivalentes a parede de tijolos de oito furos de 19 cm x 9 cm x 39 cm) |        |                              |                            |
| Constituição                                                                                  | e (m)  | $\lambda = [W/(m.K)]$        | U<br>[W(m <sup>2</sup> K)] | Constituição                                                                                 | e (m)  | $\lambda = [W/(m.K)]$        | U<br>[W(m <sup>2</sup> K)] |
| Reboco                                                                                        | 0,0300 | 1,1500                       | 2,08                       | Reboco                                                                                       | 0,0300 | 1,1500                       | 1,90                       |
| Cerâmica (Tij 6 furos)                                                                        | 0,0400 | 0,9000                       |                            | Cerâmica (Tij. 8 furos)                                                                      | 0,0200 | 0,9000                       |                            |
| Câmara de Ar                                                                                  | 0,0600 | R = 0,17 m <sup>2</sup> .K/W |                            | Câmara de Ar                                                                                 | 0,0500 | R = 0,16 m <sup>2</sup> .K/W |                            |
| Cerâmica (Tij 6 furos)                                                                        | 0,0400 | 0,9000                       |                            | Cerâmica (Tij. 8 furos)                                                                      | 0,0200 | 0,9000                       |                            |
| Reboco                                                                                        | 0,0300 | 1,1500                       |                            | Reboco                                                                                       | 0,0300 | 1,1500                       |                            |

e = espessura  $\lambda$  = condutividade térmica U = transmitância térmica

Tabela 3 - Composição da cobertura

| EMEI TIPO 1         |        |                              |                         |
|---------------------|--------|------------------------------|-------------------------|
| COBERTURA           |        |                              |                         |
| Constituição        | e (m)  | $\lambda = [W/(m.K)]$        | U [W(m <sup>2</sup> K)] |
| Telha termoacústica | 0,0060 | 0,0210                       | 1,17                    |
| Câmara de ar        | 0,5000 | R = 0,18 m <sup>2</sup> .K/W |                         |
| Laje de concreto    | 0,1000 | 1,7500                       |                         |
| Forro               | 0,0100 | 0,0610                       |                         |
| Forro Mineral       | 0,0130 | 0,0610                       |                         |

e = espessura  $\lambda$  = condutividade térmica U = transmitância térmica

Tabela 4 - Composição da cobertura

| EMEI TIPO 2       |        |                              |                         |
|-------------------|--------|------------------------------|-------------------------|
| COBERTURA         |        |                              |                         |
| Constituição      | e (m)  | $\lambda = [W/(m.K)]$        | U [W(m <sup>2</sup> K)] |
| Aço (Cor Branca)  | 0,0005 | 55,0000                      | 0,67                    |
| Preenchimento PIR | 0,0290 | 0,0300                       |                         |
| Aço (Cor Branca)  | 0,0005 | 55,0000                      |                         |
| Câmara de Ar      | 0,2200 | R = 0,21 m <sup>2</sup> .K/W |                         |
| Forro Mineral     | 0,0130 | 0,0610                       |                         |

e = espessura  $\lambda$  = condutividade térmica U = transmitância térmica

Tabela 5 - Composição dos pisos

| EMEI TIPO 1 E 2        |        |                       |                         |                        |        |                       |                         |
|------------------------|--------|-----------------------|-------------------------|------------------------|--------|-----------------------|-------------------------|
| PISO INTERNO CERÂMICO  |        |                       |                         | PISO INTERNO VINÍLICO  |        |                       |                         |
| Constituição           | e (m)  | $\lambda = [W/(m.K)]$ | U [W(m <sup>2</sup> K)] | Constituição           | e (m)  | $\lambda = [W/(m.K)]$ | U [W(m <sup>2</sup> K)] |
| Terra Argilosa Seca    | 0,5000 | 0,5200                | 0,68                    | Terra Argilosa Seca    | 0,5000 | 0,5200                | 0,68                    |
| Contrapiso de Concreto | 0,1000 | 1,7500                |                         | Contrapiso de Concreto | 0,1000 | 1,7500                |                         |
| Brita                  | 0,1500 | 0,7000                |                         | Brita                  | 0,1500 | 0,7000                |                         |
| Camada Niveladora      | 0,0240 | 1,1500                |                         | Camada Niveladora      | 0,0240 | 1,1500                |                         |
| Cerâmica               | 0,0074 | 0,9200                |                         | Piso Vinílico          | 0,0020 | 0,2000                |                         |

e = espessura  $\lambda$  = condutividade térmica U = transmitância térmica

### 3.2. Simulação do nível de conforto térmico das edificações

Na intenção de avaliar o nível de conforto térmico das EMEIs Tipo 1 e Tipo 2, modelaram-se e configuraram-se as edificações no *software DesignBuilder* versão 4.7.0.027.. Como a cidade de Pelotas ainda não possui arquivo climático, foi utilizado o arquivo TMY de Santa Maria - RS (BRA\_Santa.Maria.839360\_SWERA.epw) (LABEEE, 2015), cidade situada na mesma zona bioclimática brasileira 2. O arquivo climático possui as variações horárias de temperatura, umidade, direção e velocidade do vento e radiação solar das 8.760 horas do ano. As temperaturas médias do solo foram calculadas utilizando o programa SLAB do Energy Plus.

#### 3.2.1. Iluminação

As agendas do sistema de iluminação foram configuradas de acordo com o horário de funcionamento de cada EMEI, das 7:30 às 17:30 para a Tipo 1 e das 7:00 às 18:00 horas para a Tipo 2. Com base nos valores fornecidos no projeto elétrico foi possível calcular a densidade de potência de iluminação instalada em cada ambiente (DPI), através da soma da potência instalada de cada luminária e reatores dividido pela área do ambiente.

### 3.2.2. Equipamentos

A partir da soma das potências dos equipamentos instalados, dividida pela área do ambiente. É possível calcular a densidade de carga interna (DCI) de cada ambiente. Os valores utilizados para o cálculo foram retirados do RIC CEEE (Regulamento de Instalações Consumidoras (2011)). A agenda do uso dos equipamentos foi configurada levando em consideração o horário de funcionamento de cada EMEI. Foi considerando um fator radiante de 0,25 conforme preconizada na ASHRAE (2009).

### 3.2.3. Uso e Ocupação

As condições de uso e ocupação foram configuradas a partir dos dados informados pela 5ªCRE Pelotas (5º Coordenadoria Regional de Educação), com base na previsão do número de usuários, entre adultos e crianças, e das diferentes atividades desempenhadas, o que caracteriza as densidades de cada ambiente, somando o número de usuários e dividindo pela área. Dependendo do número de crianças a serem atendidas pela EMEI muda a quantidade de funcionários, como mostra a tabela 6. As agendas foram configuradas de acordo com o horário de funcionamento de cada EMEI.

Tabela 6 - Recomendação do número de funcionários, segundo SMED Pelotas.

| SERVENTES             |                      | MERENDEIRAS(OS)       |                       |
|-----------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Quantidade de turmas  | Número de serventes  | Quantidade de alunos  | Número de merendeiras |
| 5 a 6                 | 3                    | Até 100               | 2                     |
| 7 a 8                 | 4                    | Acima de 100          | 3                     |
| 9 a 10                | 5                    | Acima de 250          | 4                     |
| PROFESSORAS(ES)       |                      |                       |                       |
|                       | Quantidade de alunos | Número de professores | Número de auxiliares  |
| Creche I (0-1 ano)    | 20                   | 2                     | 3                     |
| Creche II (1-2 anos)  | 20                   | 2                     | 3                     |
| Creche III (2-3 anos) | 20                   | 2                     | 2                     |
| Pré escola (4 anos)   | 20                   | 1                     | 1                     |

### 3.2.4. Uso e operação de janelas

As EMEIs foram configuradas para operar com a ventilação natural, onde as agendas de operação das janelas foram configuradas de acordo com o horário de funcionamento das mesmas. Durante o horário de ocupação as esquadrias devem ser abertas para aproveitar a ventilação natural, de acordo com o setpoint definido de ventilação de 25°C, ou seja, quando a temperatura interna alcançar os 25°C, e a externa estiver entre 20 e 25°C, as esquadrias são abertas. O *setpoint* foi definido com base no trabalho de Martins et al (2009).

### 3.3. Análise de Resultados

Este estudo faz uma análise do nível de conforto térmico dos ambientes internos das EMEIs ventiladas naturalmente, baseado no índice do conforto adaptativo da ASHRAE 55 (2010), através de simulações realizadas no *software DesignBuilder* versão 4.7.0.027. A temperatura operativa de conforto é calculada com base na temperatura externa (Equação 1).

$$t_{oc} = 18,9 + 0,255 t_{ext} \quad (\text{Equação 01})$$

Onde:  $t_{oc}$  = temperatura operativa de conforto [°C], e  $t_{ext}$  = temperatura externa [°C]

Para fazer esta avaliação, optou-se por considerar a definição de zona de conforto térmico considerando 80% dos usuários do ambiente satisfeitos com o ambiente térmico, onde o intervalo da temperatura operativa deve variar até 3,5°C para mais e 3,2°C para menos da temperatura operativa de conforto. Ainda na análise de resultados, para que fosse possível definir as medidas de otimização do nível de conforto térmico das edificações, foi realizada uma análise dos fluxos térmicos da edificação em uma semana com temperaturas mais elevadas. A semana mais quente foi escolhida em decorrência do maior desconforto térmico ser proveniente do calor.

## 4. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Através das simulações no *software DesignBuilder* versão 4.7.0.027, foi possível avaliar e comparar o nível de conforto térmico das envoltórias das duas EMEIs estudadas. A tabela 7 apresenta os resultados das simulações da EMEI Tipo 1 e Tipo 2, respectivamente.

Tabela 7 - Composição das paredes internas e externas

|             | Conforto | Desconforto por calor | Desconforto por frio |
|-------------|----------|-----------------------|----------------------|
| EMEI Tipo 1 | 27,83%   | 71,70%                | 0,47%                |
| EMEI Tipo 2 | 47,23%   | 49,10%                | 3,67%                |

A EMEI Tipo 1 obteve o pior nível de conforto, pois sua geometria é mais compacta, possui maior densidade de ocupação, sua cobertura não apresenta isolamento térmico e não possui proteção solar nas esquadrias. Estes resultados iniciais indicam a necessidade de medidas de otimização do desempenho térmico das edificações com o intuito de melhorar o nível de conforto térmico dos ambientes internos de permanência prolongada. Na análise dos fluxos térmicos, as estratégias caracterizadas são evidenciadas. Segundo SOARES 2014, a NBR 15.575 (ABNT, 2013) não possui nenhum dado de dia típico de verão e de inverno para cidades pertencentes a zona bioclimática 2. Para isto, parte do estudo de sua dissertação foi a caracterização dos dias típicos de inverno e verão para a esta zona, que foram definidos como 27 de dezembro (verão) e 28 de junho (inverno). Com base na análise dos fluxos térmicos para verão foi possível observar que durante o dia o uso e a ocupação contribuem para a variação da temperatura interior, visto que as os ganhos de calor foram cerca de 1338W. O mesmo acontece com Equipamentos e Iluminação, que têm um ganho de 1077W e 642W, respectivamente. Durante a noite há uma perda de calor por condução de esquadrias, chegando a 223W. (Figura 08). Para a análise de fluxos térmicos de inverno observou-se que durante a noite a edificação perde calor por condução das esquadrias, chegando a 292W. A ocupação do edifício é a maior responsável pelo aumento da temperatura, chegando a 1338W, seguido pelos equipamentos e iluminação, com 1077W e 620W, respectivamente. Devido a alta carga térmica existente na EMEI durante o dia, as paredes externas atuam retirando calor dos ambientes. (Figura 9)

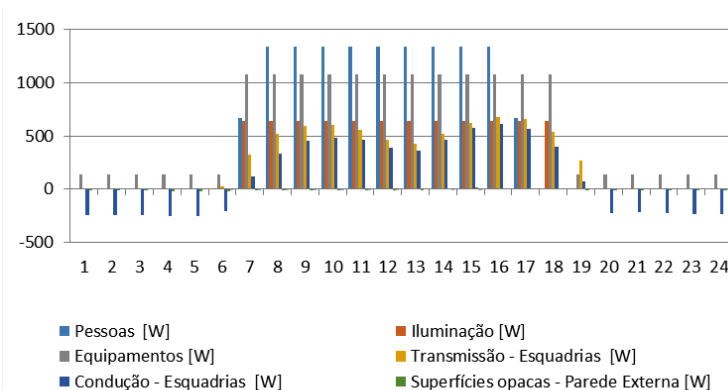


Figura 8 – Dia mais quente do ano – Fluxos térmicos (EMEI do tipo 1)

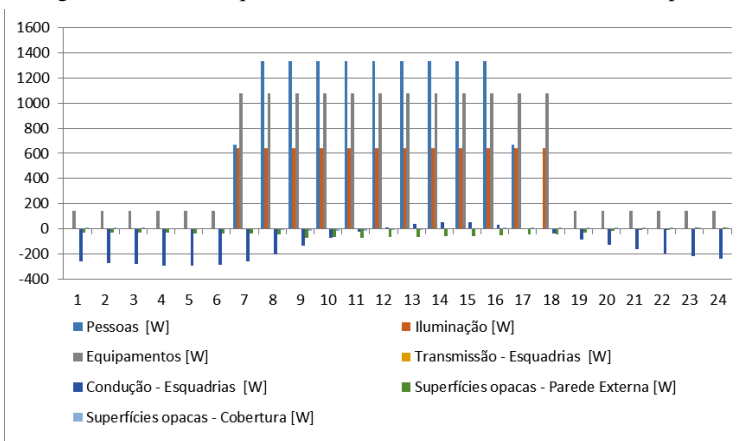


Figura 9 – Dia mais frio do ano – Fluxos térmicos (EMEI do tipo 1)

Na EMEI Tipo 2, são os Equipamentos que mais contribuem para a variação da temperatura interior, visto que as os ganhos de calor foram cerca de 1840W no período entre 9h e 13h, período este onde são utilizados os equipamentos como estufas e micro-ondas no lactário e o fogão na cozinha. Nas demais horas de funcionamento, a ocupação é quem mais contribui para a variação de temperatura, chegando a 1051W, seguido pela iluminação e a condução pelos elementos translúcidos das esquadrias contribuem com 536W e 422, respectivamente. Durante a noite há uma perda de calor por condução de esquadrias, chegando a 164W. Para o dia típico de inverno, observa-se que os equipamentos continuam sendo os maiores fornecedores de temperatura ao ambiente, chegando a 1840W, seguido da Ocupação com 1051W e Iluminação com 522W. Por condução dos elementos translúcidos das esquadrias, ganha-se com 434W durante o dia e perde-se até 162W durante a noite. (Figura 11).



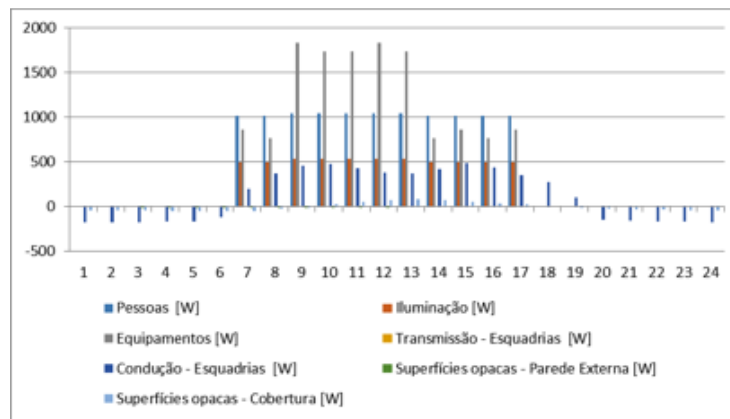


Figura 10 – Dia mais quente do ano – Fluxos térmicos (EMEI do tipo 2)

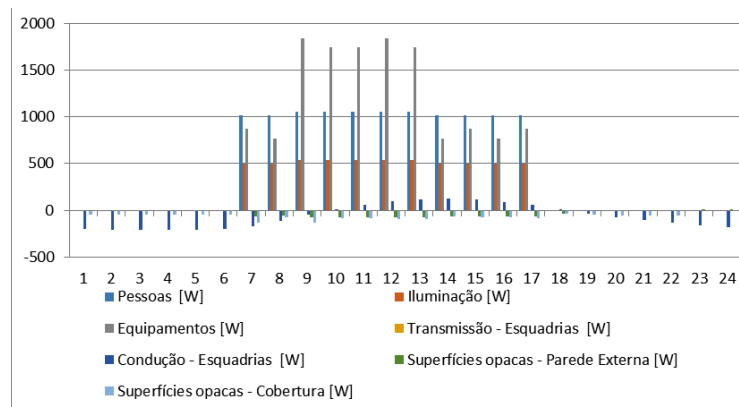


Figura 11 – Dia mais frio do ano – Fluxos térmicos (EMEI do tipo 2)

## 5. CONCLUSÕES

A pesquisa apresentou a análise do nível de conforto térmico com base na simulação computacional de duas EMEIs em Pelotas, RS. Foram avaliados diferentes parâmetros construtivos cujas características influenciam no nível de conforto das edificações. Um fator importante na análise é a geometria da edificação. Embora sejam semelhantes, a EMEI Tipo 1 possui dois blocos com salas para ambos os lados e circulação central, enquanto a EMEI Tipo 2 possui salas com ventilação e iluminação para os dois lados, sem circulação. Isso contribuiu para o melhor desempenho. Com base nos resultados é possível entender como as pessoas que usam/ocupam a edificação influenciam no seu desempenho. As elevadas cargas internas decorrentes do uso e ocupação e das cargas térmicas do lactário e cozinha na cocção de alimentos e preparo do leite das crianças, conduziram a definição das estratégias de intervenção a serem testadas, no âmbito da minimização da entrada de radiação solar direta pelos fechamentos transparentes, como também dos ganhos devidos aos fechamentos opacos considerando no último caso a diminuição da absorvância. No caso dos fechamentos transparentes a estratégia a ser testada será diferentes sistemas de proteção solar. Não será analisada o aumento do isolamento do envelope já que as elevadas densidades de carga interna conjugadas com o maior isolamento do envelope poderá conduzir a um processo de sobreaquecimento da edificação. Nesse sentido, considerando que a carga interna de ambas EMEIs é muito alta, somente medidas de modificação do sistema construtivo não serão suficientes. Se faz necessária também a instalação de climatização artificial, além de rever o uso e ocupação do edifício. Após as alterações, serão feitas novas simulações para ambos os casos para verificar se haverá otimização do desempenho térmico.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15.220**: Norma Brasileira de Desempenho Térmico de Edificações. Rio de Janeiro, 2005.
- ASHRAE – AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS. 2009 **ASHRAE Handbook – Fundamentals**. SI Edition p. 9.19 Atlanta, 2009.
- ASHRAE - AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIRCONDITIONING ENGINEERS. Standard 55: **Thermal environmental conditions for human occupancy**. ASHRAE: Atlanta, 2010.

BATIZ, E. C.; GOEDERT, J.; MORSCH, J. J.; KASMIRSKI JR, P.; VENSKE, R. Avaliação do conforto térmico no aprendizado: estudo de caso sobre influência na atenção e memória. **Produção**, São Paulo, v. 19, n. 3, p. 477-488, set/dez. 2009.

BRASIL, Lei nº 10.172/2001, **Plano Nacional de Educação**. Brasília: Congresso Nacional, 2001.

BRASIL, Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. Padrões de infra-estrutura para o espaço físico destinado à educação infantil [documento preliminar]. Brasília: MEC, SEB, 2006.

BRASIL, Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. Parâmetros básicos de infraestrutura para instituições de educação infantil. Brasília: MEC, SEB, 2006.

BRASIL, Lei nº 13.005/2014, **Plano Nacional de Educação**. Brasília: Congresso Nacional, 2014.

CARVALHO, T. C. P.; FONTOLAN, F. R.; MICELI, S. M.; EVANGELISTI I. G. Avaliação do Conforto Térmico em Salas de Aula de uma Escola de Arquitetura em Araraquara-SP. In: **Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído e Conferência Latino Americana Sobre Conforto e Desempenho Energético de Edificações**. Anais... Curitiba, ENCAC-COTEDI, 2003.

ELALI, G. V. 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: FAUUSP, 2002 Tese (Doutorado em Estruturas Ambientais Urbanas).

FARIA, M. A. **Avaliação das condições de conforto térmico nas salas de aula do campus morro do cruzeiro da UFOP**. 2013. 157p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2013.

FARIAS, A. B. G.. **A Conversa da Escola com a Cidade: teorias e práticas de aproximação entre arquitetura, urbanismo e educação**. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2011. Memorial de Qualificação [Mestrado em Arquitetura]

KOWALTOWSKI, D. C. C. K. **Arquitetura escolar: o projeto do ambiente de ensino**. São Paulo: Oficina de Textos, 2011.

KRÜGER, E. L.; ADRIAZOLA, M. K. O.; TAKEDA, N. Avaliação de desempenho térmico em escolas emergenciais da região de Curitiba. In: **I Conferência Latino-Americana de Construção Sustentável e X Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído**. 2004. p. 1-8.

LABORATÓRIO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE EDIFICAÇÕES, LABEEE. Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Engenharia Civil. **Arquivos climáticos**. Disponível em: <http://www.labee.ufsc.br/downloads/arquivos-climaticos/formato-try-swera-csv-bin>. Acesso em: 15 fev. 2017.

LIMA, M. W. de S.. **Arquitetura e Educação**. São Paulo: Studio Nobel, 1995.

LIMA, M. W. De S.. **A Cidade e a Criança**. São Paulo: Nobel, 1989.

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.

NUNES, M. F. R. (Org.) **Políticas de Educação Infantil no Estado do Rio de Janeiro: Proinfância e as estratégias municipais de atendimento a crianças de 0 a 6 anos**. Rio de Janeiro: Maria Fernanda Rezende, 2015.

**REGULAMENTO DE INSTALAÇÕES CONSUMIDORAS FORNECIMENTO EM TENSÃO SECUNDÁRIA REDE DE DISTRIBUIÇÃO AÉREA. 5ª Edição. Versão 1.3. AES Sul Distribuidora Gaúcha de Energia S/A; Companhia Estadual de Distribuição de Energia Elétrica; Rio Grande Energia S/A, Janeiro/2011. Disponível em: <http://www.cee.com.br/pportal/cee/Archives/Upload/CEEE-Ric-BT.pdf>. Acesso em: 18 de jan. 2017.**

SILVEIRA, A. L. R. C.; KALLAS, L. E.; RIBEIRO, S. C. Determinação de Zona de Conforto Térmico para Ambientes Escolares em Teresina. In: **Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído e Conferência Latino Americana Sobre Conforto e Desempenho Energético de Edificações**. Anais... Curitiba, ENCAC-COTEDI, 2003.

SOARES, M. M.. **Avaliação dos parâmetros de desempenho térmico da NBA 15575/2013: Habitações de interesse social na zona bioclimática 2**. Pelotas, 2014

SOUZA, F. S. **A influência do espaço construído da creche no comportamento e desenvolvimento da autonomia em crianças entre 2-6 anos. Estudo de Caso: Creche UFF**. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2003. Dissertação (Mestrado em Arquitetura).

SOUZA, F. S. Premissas Projetuais para Ambientes da Educação Infantil: Recomendações com base na observação de três UMEIs de Belo Horizonte, MG. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2009. Tese (Doutorado em Arquitetura)

## **AGRADECIMENTOS**

Os autores agradecem o apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico (CNPq), à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e Fundação de Amparo à Pesquisa do estado do Rio Grande do Sul (FAPERGS).