

**XIV ENCAC** Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído

**X ELACAC** Encontro Latino-Americano de Conforto no Ambiente Construído

BALNEÁRIO CAMBORIU | 27 a 29 de setembro de 2017

## **CONFORTO TÉRMICO EM SALAS DE AULA DE TIPOLOGIA SIMILAR: INFLUÊNCIA DO ENTORNO**

**Rosana Bacicheti Rizzo (1); Paula Sardeiro (2)**

(1) Arquiteta, Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana, robacicheti@gmail.com

(2) Arquiteta, Professora do Departamento de Engenharia Civil, pssvanderlei@uem.br  
Universidade Estadual de Maringá, Departamento de Engenharia Civil, Maringá - PR

### **RESUMO**

O conforto em sala de aula tem sido tema de estudo entre pesquisadores por se tratar de um ambiente que exige parâmetros mínimos de temperatura e iluminação para o desenvolvimento adequado de tarefas. O correto planejamento arquitetônico, diante das diferentes condições climáticas que influenciarão nas condições térmicas (temperatura, vento e umidade) é fator determinante para um ambiente termicamente confortável. Esta pesquisa teve como objetivo comparar as condições de conforto térmico em três salas de aula de tipologias semelhantes e diferentes entornos construídos, em situações de tempo quente e frio na Universidade Estadual de Maringá. Teve como objetivo secundário avaliar o desempenho térmico de uma das salas de aula com a aplicação de novos elementos arquitetônicos. Para isso, o trabalho foi dividido em duas etapas que compreenderam a avaliação do conforto térmico *in loco* e a simulação de modificações construtivas no software *Design Builder*. Foi constatado que a sala 102 do bloco D67 apresentou índices de menor conforto térmico em razão de seus aspectos construtivos e do seu entorno mais desobstruído. Foi verificado, ainda, que proteções solares inseridas nos modelos originais e analisadas no *software* trouxeram melhorias em relação ao conforto térmico.

Palavras-chave: conforto térmico, sala de aula, simulação computacional.

### **ABSTRACT**

The classroom comfort has been the subject of studies among researchers because it is an environment that requires minimum parameters of temperature and illumination for the proper development of tasks. The correct architectural design, given the different climatic conditions, that will influence the thermal conditions (temperature, wind and humidity) is a determining factor for a thermally comfortable environment. This research had as objective to compare the conditions of thermal comfort in three classrooms of similar typologies and different environments built, in hot and cold weather conditions at the State University of Maringá. The secondary objective was to evaluate the thermal performance of one of the classrooms with the application of new architectural elements. The work was divided in two stages that included the evaluation of the thermal comfort *in loco* and the simulation of constructive modifications in the software *Design Builder*. It was found that the room 102 of D67 block presented indices of lower thermal comfort due to its constructive aspects and its more unobstructed surroundings. It was verified, further, that solar protections inserted in the original models and analyzed in the software brought improvements in relation to the thermal comfort.

Key words: thermal comfort, classroom, computational simulation.

## 1. INTRODUÇÃO

Muitas pesquisas foram desenvolvidas contemplando ambientes escolares ou de trabalho (IIDA, 2005; KOWALTOWSKI, 2011, entre outros), levando em consideração que esses são ambientes que exigem um adequado conforto térmico para o desenvolvimento das tarefas. Em relação ao conforto térmico, Iida (2005) caracteriza a zona de conforto para organismos adaptados ao calor em um intervalo de temperatura efetiva entre 20°C a 24°C, com uma umidade relativa de 40% a 80%, além de uma velocidade do ar aproximada de 0,2 m/s. Kowaltowski (2011) sugere uma temperatura do ar em torno de 23°C para ambientes de trabalho ou de estudo. Para Iida (2005), a partir de 33°C, a redução do desempenho das atividades torna-se mais evidente.

O desconforto térmico em salas de aula afeta negativamente o desempenho do aluno, uma vez que pode minimizar a sua concentração no aprendizado ao exigir maiores esforços físicos e mentais que podem, por consequência, gerar problemas de saúde. Segundo Olgyay (1998), em regiões onde o calor ou o frio atingem grandes intensidades, os esforços biológicos de adaptação minimizam a energia do ser humano. Os estudos demonstram os efeitos negativos do clima, ocasionando sintomas como dor, tensão, doenças, esgotamento de saúde e energia mental e física.

O projetista é um grande aliado para a construção e planejamento de ambientes de sala de aula mais confortáveis. Ainda em etapas projetuais, algumas estratégias, como pesquisas de situações baseadas em normas e referências bibliográficas, podem ser analisadas. Graça, Kowaltowski e Petreche (2007) apresentaram um método de avaliação de escolas para ser aplicado na primeira fase de projeto para auxiliar em soluções de conforto ambiental. Em vista disso, selecionaram diferentes configurações de aberturas, disposições de corredores de circulação e proporções das salas de aula e avaliaram o conforto térmico, lumínico e acústico. Com base no conhecimento de diversos especialistas na área, obtiveram as melhores soluções. Além dos elementos de projeto arquitetônico, o entorno das salas de aula também pode influenciar na incidência de radiação solar que atravessa as aberturas, como a presença de vegetação. Esta pode atenuar altas cargas térmicas no ambiente, chegando a contribuir com 50% da absorção da incidência da radiação solar no ambiente, (CORBELLA E MAGALHÃES, 2008), contribuindo com o conforto térmico interno.

A previsão de estratégias arquitetônicas que afetem o desempenho da edificação em relação aos aspectos térmicos e lumínicos, ainda em fase projetual, pode ser determinada por *softwares*. Eles são ferramentas que auxiliam na prevenção de ambientes desconfortáveis termicamente. Santana e Ghisi (2009) fizeram simulações de alteração de parâmetros construtivos em tipologias de escritórios de Florianópolis e os relacionaram ao consumo de energia. Santos (2009) realizou simulações no *software Design Builder*, no qual analisou a envoltória de um edifício com modificações referentes ao tipo de vidro, à inserção de elementos como brises e prateleiras de luz, além da modificação do sistema construtivo para alvenaria.

Por fim, é possível avaliar o conforto dos usuários *in loco*. Pelo método de Fanger, é possível obter a quantidade de indivíduos que gostariam de se sentir mais aquecidos ou mais resfriados em determinado espaço. A ISO 7730 (2005) dita que quando pelo menos 90% dos usuários estão satisfeitos, um ambiente pode ser considerado confortável termicamente. Além dessas variáveis, para esse tipo de método, é necessário que se tenham as variáveis humanas, como a taxa metabólica (normalmente 1 met, para salas de aula, segundo a ASHRAE, 2003) e a vestimenta utilizada pelos usuários (em média, normalmente 0,5 clo para dias quentes e 1,0 clo para dias frios).

## 2. OBJETIVO

Esta pesquisa teve como objetivo comparar as condições de conforto térmico em três salas de aula de tipologias semelhantes e diferentes entornos construídos, em situações de tempo quente e frio na Universidade Estadual de Maringá. Teve como objetivo secundário avaliar o desempenho térmico de uma das salas de aula com a aplicação de novos elementos arquitetônicos.

### 2.1 Objeto de estudo

Maringá localiza-se no Noroeste do Paraná, é cortada pelo Trópico de Capricórnio. Sua latitude é de 23°25' Sul e longitude 51°57' Oeste, com altitude de 596 m acima do nível do mar. Possui clima subtropical úmido com verões quentes e inverno com geadas pouco frequentes, sendo que as chuvas são predominantes no verão (LANDGRAF, 2002). Os casos avaliados para este estudo foram três salas de aula semelhantes localizadas na Universidade Estadual de Maringá (UEM): a sala 101 do bloco I12, a sala 102 do bloco C34 e a sala 102 do bloco D67. Todas elas possuem a mesma orientação cardinal Noroeste e localizam-se na extremidade esquerda de cada bloco em relação ao Norte Verdadeiro (Figura 01 e 02).

Quanto ao entorno, a sala 101/I12 possui um entorno mais fechado que os outros, em razão da

presença de blocos vizinhos próximos – I23 e J13 (Figura 03). Contém uma calçada de concreto nos arredores das paredes externas e, após ela, uma área gramada. Há uma árvore de cerca de 9 metros de altura a uma distância de 4 metros da janela da sala de aula em análise, que perde suas folhas no inverno.

A sala 102/C34 apresenta um entorno (Figura 03) menos fechado que o bloco I12, uma vez que os blocos vizinhos estão mais distantes – D34 e C56. Possui um amplo gramado com árvores de cerca de 6 metros de altura num raio de 9 metros de distância das paredes externas do bloco.

A sala 102/D67 configura-se como o bloco que possui um entorno mais desobstruído, pois a sala avaliada não contém blocos muito próximos – E78 (Figura 03) – e árvores que possam interferir na penetração da radiação solar na abertura da sala 102. Apresenta uma grande área gramada, com palmeiras de cerca de 3 metros a uma distância de 2,5 m das paredes externas.

A figura 04 apresenta as características internas das salas de aula em análise.

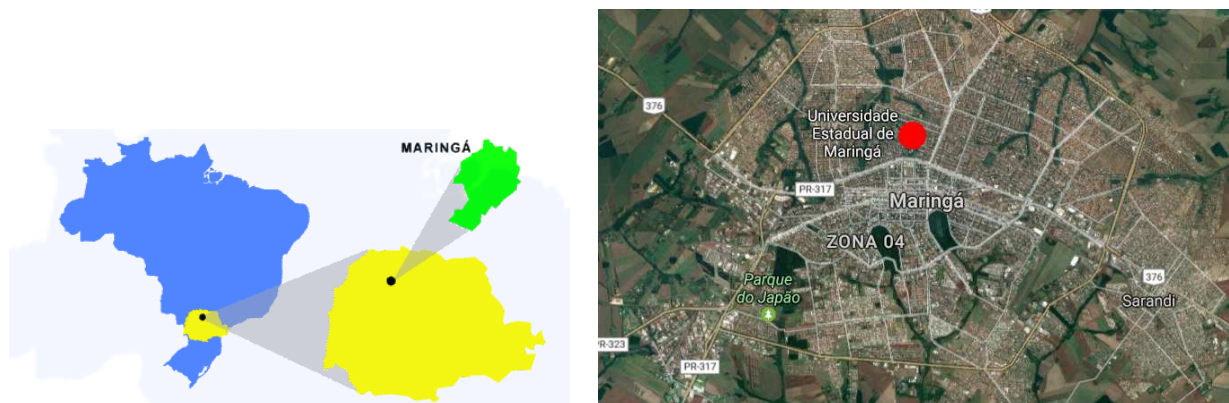


Figura 01 - Mapa de Maringá no Paraná e UEM em Maringá  
Fonte: Site maringa.com e Google Earth

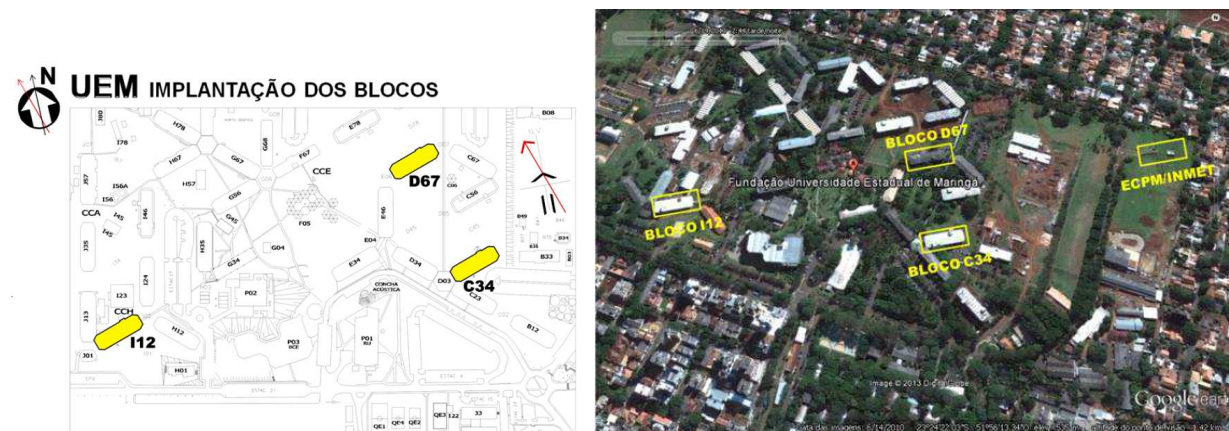


Figura 02 - Implantação dos blocos  
Fonte: Adaptado da Prefeitura do Câmpus e do Google Earth

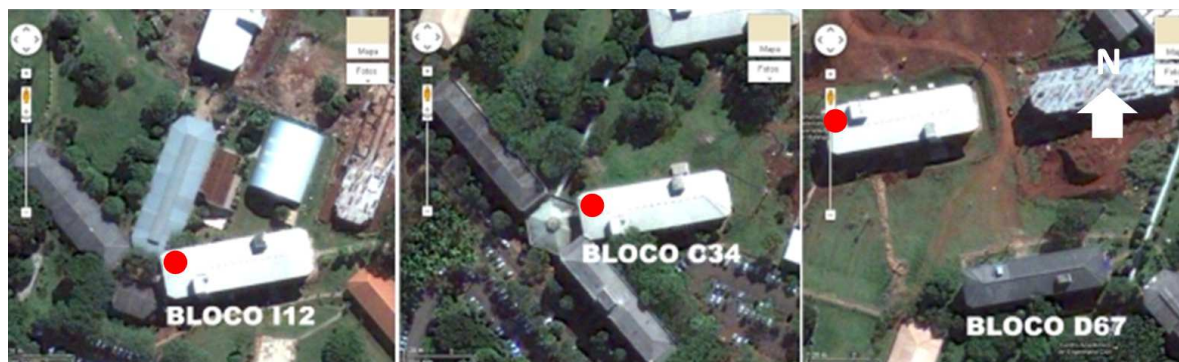


Figura 03 - Entorno dos blocos (localização das salas em vermelho)  
Fonte: Google Earth



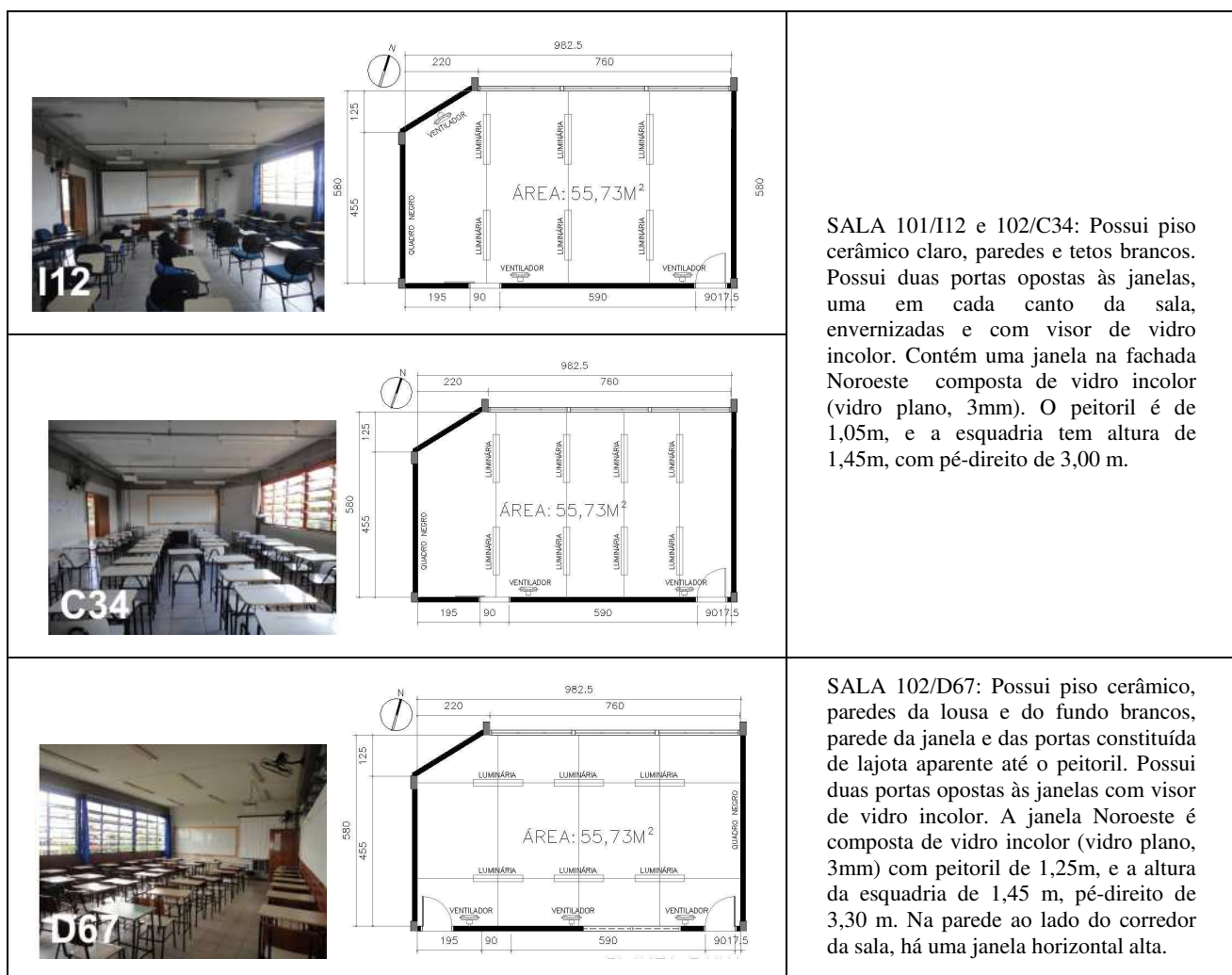


Figura 04 - Cores, revestimentos e dimensões das salas

### 3. MÉTODO

O método deste trabalho está dividido em três etapas principais:

- 1ª Etapa: Medições de temperatura/umidade do ar e velocidade do vento *in loco* no verão e no inverno;
- 2ª Etapa: Aplicação de questionários aos usuários das salas de aula nos mesmos dias;
- 3ª Etapa: Simulações no *software Design Builder* com estratégias arquitetônicas que possam melhorar o conforto térmico.

#### 3.1. Medições

Para esta etapa, foram selecionados três dias, um em cada sala de aula, para um período próximo ao verão, constituindo a 1ª fase, e outros três dias situados no inverno, configurando a 2ª fase. Os seguintes equipamentos foram utilizados:

- O Data Logger Testo 177-H1 para medir a Umidade Relativa do Ar (%RH), a Temperatura do Ar (°C) e a Temperatura de Globo (globo negro) (°C). Sua exatidão interna varia de 2% RH a uma temperatura estabelecida de +25°C: 0,5°C (-25 a +70°C) com 1 dígito.
- O Anemômetro Térmico Testo 405-V1, que mede a Velocidade do Ar (m/s) e tem resolução de 0,01 m/s e 0,1°C. Sua exatidão a uma temperatura de ajuste de +25°C corresponde a (0,1m/s +5% do v.m) até 2 m/s e (0,3 m/s +5% do v.m) acima de 2 m/s e 0,5°C.

Para a realização das medições, foram coletadas, a cada 5 minutos, as variáveis térmicas dentro das salas. Os equipamentos foram localizados no centro da sala, acima de um suporte metálico (Figura 05), a uma altura de 1.03m, e foram deixados, nesse ambiente, das 8h às 11h da manhã e das 14h às 17h da tarde.

A ventilação do ar foi recolhida manualmente, anotada a cada 10 minutos nas direções apresentadas na Figura 05. Durante o período de medição, procurou-se coletar as variáveis sem interferir na abertura de

janelas ou portas pelos usuários, com o objetivo de verificar o real comportamento do usuário e o conforto térmico resultante.

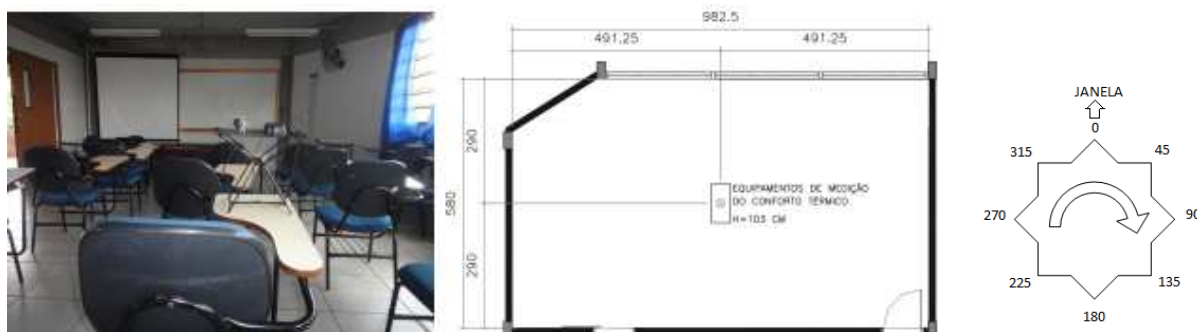


Figura 05 - Disposição dos equipamentos (foto e planta baixa); e orientação para medição da ventilação do ar

Como as medições foram realizadas em dias diferentes em cada sala de aula, foram utilizadas análises estatísticas (INOVA e Teste de Tukey) para determinar se tais dias poderiam ser considerados semelhantes dentro de um intervalo aceitável e, conseqüentemente, ser comparados. Para as avaliações, foram utilizadas as variáveis Temperatura do Ar e Umidade Relativa do Ar dos dias correspondentes, obtidas na Estação Climatológica da UEM. Assim, foi verificado que os dias selecionados próximos ao verão foram considerados semelhantes, enquanto, no inverno, somente poderiam ser comparados os dias 30/07/2012 (sala 102 do bloco C34) e 03/08/2012 (sala 102 do bloco D67).

### 3.2. Aplicação dos questionários

Os questionários foram baseados na escala de conforto de Fanger (ISO 7730, 2005) foram aplicados aos estudantes, interrogando-os sobre sua sensação e sua preferência térmica. Aplicou-se 397 questionários aos usuários das salas de aula, de ambos os sexos (na análise não foi distinguido o gênero, considerou a quantidade total de usuários) e dos cursos de pedagogia, filosofia, economia, zootecnia, eng. química e eng. elétrica, com faixa etária compreendida entre 17 e 25 anos e vestimenta predominante de calça comprida e camisa de manga curta. Realizou-se em uma data próxima a estação do verão e no inverno, em dois horários pela manhã e dois horários no período da tarde (Tabelas 01 e 02).

Tabela 1– Horários de aplicação dos questionários aos usuários das salas de aula próxima a estação do verão

| DATA       | SALA/<br>BLOCO | MANHÃ                         |                               | TARDE                         |                               | Nº<br>DADOS |
|------------|----------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------|
|            |                | 9h                            | 11h                           | 15h                           | 17h                           |             |
| 03/04/2012 | 101/I12        | PEDAGOGIA<br>(33 USUÁRIOS)    | PEDAGOGIA<br>(34 USUÁRIOS)    | FILOSOFIA<br>(16 USUÁRIOS)    | FILOSOFIA<br>(9 USUÁRIOS)     | 92          |
| 04/04/2012 | 102/C34        | M. ZOOTECNIA<br>(9 USUÁRIOS)  | ECONOMIA<br>(19 USUÁRIOS)     | ECONOMIA<br>(5 USUÁRIOS)      | ECONOMIA<br>(7 USUÁRIOS)      | 40          |
| 05/04/2012 | 102/D67        | ENG. QUÍMICA<br>(24 USUÁRIOS) | ENG. QUÍMICA<br>(19 USUÁRIOS) | ENG. QUÍMICA<br>(15 USUÁRIOS) | ENG. QUÍMICA<br>(15 USUÁRIOS) | 73          |

Tabela 2– Horários de aplicação dos questionários aos usuários das salas de aula na estação do inverno

| DATA       | SALA/<br>BLOCO | MANHÃ                         |                               | TARDE                          |                              | Nº<br>DADOS |
|------------|----------------|-------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|------------------------------|-------------|
|            |                | 9h                            | 11h                           | 15h                            | 17h                          |             |
| 03/08/2012 | 102/D67        | ENG. QUÍMICA<br>(21 USUÁRIOS) | ENG. ELÉTRICA<br>(6 USUÁRIOS) | ENG. MECÂNICA<br>(13 USUÁRIOS) | ENG. QUÍMICA<br>(8 USUÁRIOS) | 48          |
| 30/07/2012 | 102/C34        | ECONOMIA<br>(13 USUÁRIOS)     | ECONOMIA<br>(20 USUÁRIOS)     | ECONOMIA<br>(11 USUÁRIOS)      | ECONOMIA<br>(12 USUÁRIOS)    | 56          |
| 27/07/2012 | 101/I12        | PEDAGOGIA<br>(33 USUÁRIOS)    | PEDAGOGIA<br>(31 USUÁRIOS)    | FILOSOFIA<br>(12 USUÁRIOS)     | FILOSOFIA<br>(12 USUÁRIOS)   | 88          |

Foram obtidos três índices para a análise da pesquisa: o PMV (calculado no software Conforto, de RUAS, 2002), a Sensação relatada (S) e a Preferência (P), ambas retratadas pelos usuários nos questionários. Por meio de análises estatísticas conhecidas como “Análises de variância” (ANOVA), foi comprovado que a variável que mais se relacionou à Sensação relatada pelos usuários foi a Temperatura Operativa, representando-a em 90,13% (Equação 01).

$$\text{Sensação relatada} = 0,3082 * \text{Temperatura operativa} - 7,6887$$

[eq. 01]

Como referido anteriormente, os dados foram analisados em quatro períodos do dia: duas vezes pela manhã, M1 ( $\pm 9h$ ) e M2 ( $\pm 11h$ ); duas pela tarde, T1 ( $\pm 15h$ ) e T2 ( $\pm 17h$ ), em cada bloco.

### 3.3. Simulações no *software Design Builder*

Esta etapa da pesquisa compreendeu a simulação de quatro modelos tridimensionais no *software Design Builder*, com o intuito de verificar se modificações construtivas aplicadas a um modelo com as características da sala de aula 102 do bloco C34 poderiam trazer melhorias em relação ao conforto térmico. Assim, foram feitos quatro diferentes protótipos:

- O “modelo real” (modelo 1) com vidro incolor 3mm que corresponde à sala de aula existente (tomando como base a sala 102 do bloco C34), com suas características reais, e utilizou, para o vidro da abertura, o material já pronto da biblioteca do *software Design Builder* – “Generic clear 3mm”.
- O “modelo com vidro verde” (modelo 2) teve a abertura do “modelo real” modificada de acordo com as dimensões do “modelo com proteção solar horizontal e vertical” e utilizou o material já pronto da biblioteca do *software Design Builder* – “Generic Green 6mm”.
- O “modelo com proteção solar horizontal e vertical” (modelo 3) foi trabalhado com o vidro incolor correspondente ao “modelo real” e teve as dimensões da janela adequadas para receber protetores solares horizontais e verticais de concreto com pintura branca;
- O “modelo com proteção solar horizontal” (modelo 4) apresentou as mesmas características do modelo anterior, porém não foram inseridos os brises verticais.

Para a construção das proteções solares, na carta solar da Figura 06 (que apresenta, em azul, a projeção de sombras), correspondente à orientação  $340^\circ$  Noroeste de Maringá, foi verificado que a incidência da radiação solar direta existente durante a tarde, na maioria dos meses, poderia ser controlada parcialmente com um ângulo  $\alpha=71^\circ$ , sendo que, em junho e julho, o ângulo  $\beta=55^\circ$  poderia aprimorar a proteção.

A Figura 07 demonstra os modelos simulados no *software*. A Figura 08 apresenta o projeto técnico do “modelo real” e o projeto do “modelo com proteção horizontal e vertical”, com os respectivos ângulos calculados para as proteções solares ( $\beta=55^\circ$  e  $\alpha=71^\circ$ ).

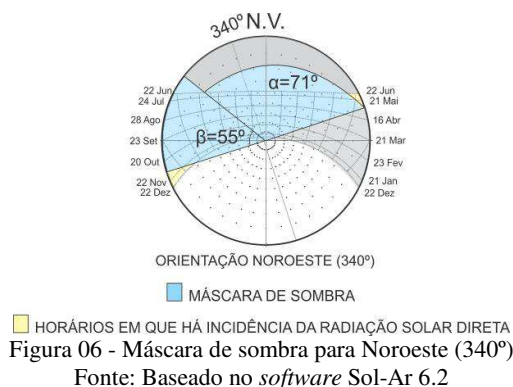


Figura 06 - Máscara de sombra para Noroeste ( $340^\circ$ )

Fonte: Baseado no *software Sol-Ar 6.2*



Figura 07 - Modelo 1, Modelo 2, Modelo 3 e Modelo 4

Fonte: *Software Design Builder*

Nessa etapa, foi feito o estudo de conforto pelo método de "Fanger PMV", gerado pelo próprio *software*. Para que fossem vinculados à cidade de Maringá, foi utilizado o arquivo “epw”, que, nesse caso, corresponde à base climática de Maringá e foi desenvolvido por Roriz (2012) com fundamento nos dados do INMET (dos anos de 2000 a 2010). O arquivo abrange dados como a temperatura do ar, a umidade relativa, a

temperatura do ponto de orvalho, a pressão atmosférica, a velocidade e direção do vento, a pluviosidade e a irradiância global sobre o plano horizontal da cidade (RORIZ, 2012) e está disponível no site [http://www.roriz.eng.br/epw\\_9.html](http://www.roriz.eng.br/epw_9.html).

As características dos materiais construtivos foram obtidas da NBR 15220-2 (ABNT, 2003). Para as lajotas, as propriedades foram baseadas na metodologia da espessura equivalente de Ordenes et al (2003). Para os cálculos, foi considerada somente a carga térmica atuante dentro da área da sala de aula avaliada, mas a envoltória do bloco (paredes externas, lajes intermediárias, cobertura) foi construída.

Foram verificadas as seguintes propriedades de cada material: espessura (mm); condutibilidade térmica (W/m-k); calor específico (kJ/kg-K); densidade (kg/m³); emissividade e absorvância.

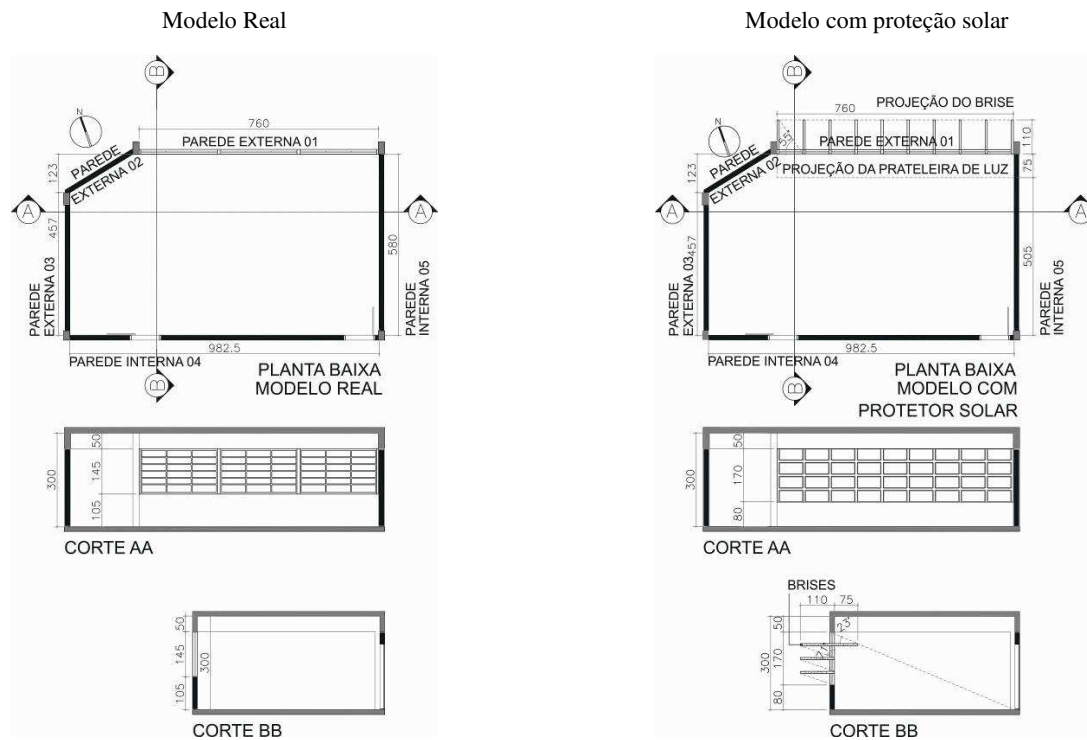


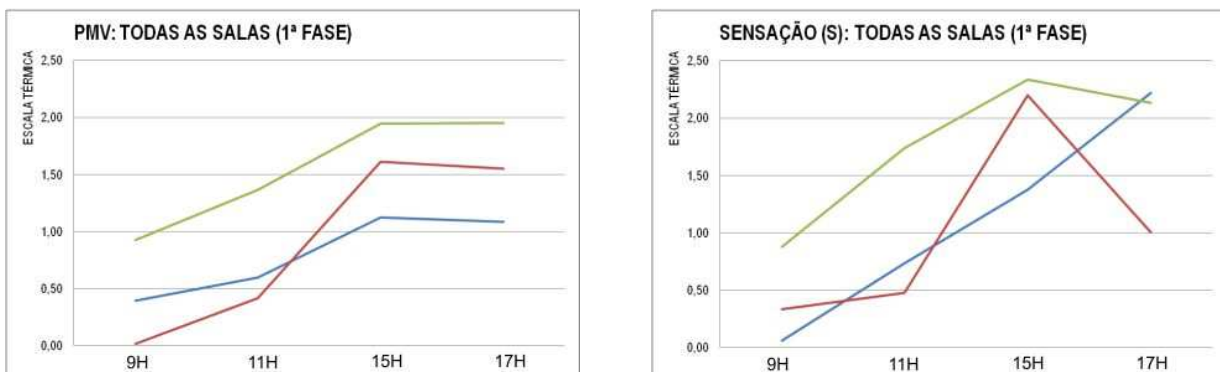
Figura 08 - Projeto técnico dos modelos simulados

## 4. ANÁLISE DE RESULTADOS

### 4.1. Próximo a estação do verão (1º Fase)

No gráfico de PMV (Figura 09), quando se comparam as três salas de aula, pode-se perceber que a sala 102 do bloco D67 se apresentou menos confortável em relação às outras em todos os horários, mas não chegou a alcançar +2 (desconforto). A sala 102 do bloco C34 demonstrou ser mais confortável que a 101 do bloco I12 pela manhã, no entanto, durante a tarde, a situação se inverteu.

#### Salas 101 do bloco I12 e 102 dos blocos C34 e D67



Legenda: ■ 101/bloco I12 ■ 102/bloco C34 ■ 102/bloco D67

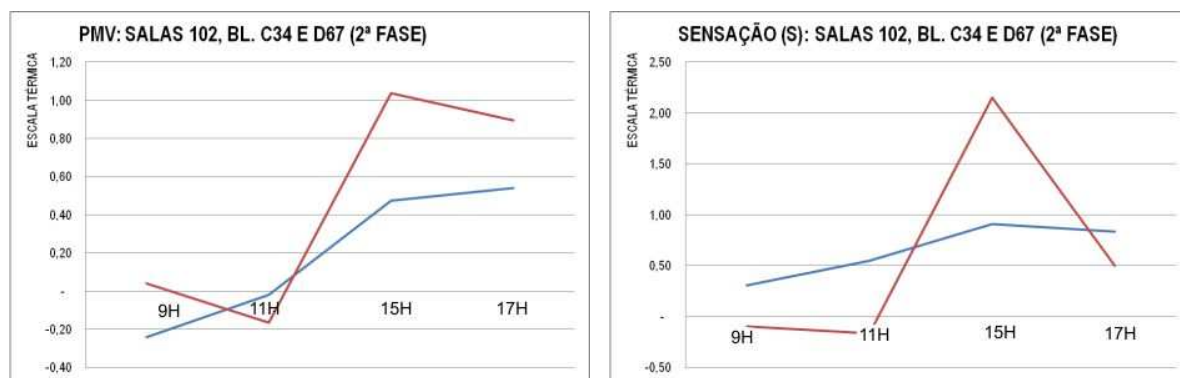
Figura 09 - Gráficos de PMV e sensação térmica de todas as salas de aula na estação do verão (1º Fase)

Em relação ao gráfico de Sensação, percebe-se que a sala 102 do bloco D67 se manteve mais desconfortável que as outras (exceto às 17h), e os usuários estavam afetados pelo calor. Quanto às outras, elas se intercalaram ao longo do dia. Os resultados demonstram, assim, que a sala 102 do bloco D67 tem tendência a ser menos confortável que as outras. O fato de ocorrer mais calor na sala 102 do bloco D67 pode ser explicado pelo seu entorno diferenciado, mais aberto, pela janela e pé-direito mais altos e, inclusive, pela presença de tijolos aparentes, como revestimento no peitoril, que podem absorver mais o calor em virtude de suas propriedades térmicas em relação às superfícies brancas das outras salas. É possível notar que, nos horários mais quentes do dia, entre cerca de 11h e 16h, a árvore ao lado da janela da sala 101 do bloco I12 provocou o bloqueio da radiação solar, proporcionando menores temperaturas e sensações térmicas mais agradáveis em relação à sala 102 do bloco C34.

#### 4.2. Na estação do inverno (2º Fase)

Nesta fase, como relatado na metodologia, somente puderam ser comparadas as salas 102 do bloco C34 e D67. No gráfico de PMV (Figura 10), a sala 102 do bloco D67 apresentou números que indicaram menos conforto na maioria dos horários, exceto às 11h, quando os valores do bloco C34 foram mais altos. Foram apontados índices maiores que +1 (leve desconforto) às 15h no bloco D67.

##### Salas 102 dos blocos C34 e D67



Legenda: ■ 102/bloco C34 ■ 102/bloco D67

Figura 10 - Gráficos de PMV e “S” das salas 102, bloco C34 e D67 da 2ª fase

Quanto ao gráfico de Sensação, durante a manhã, os usuários do bloco D67 expuseram valores menores que os do bloco C34, ocorrendo o contrário pela tarde. Durante quase todo o dia, portanto, ambos se apresentaram em conforto ou leve desconforto. Às 15h, ocorreu desconforto no bloco D67. Os resultados revelaram que a sala 102 do bloco D67 tem tendência a ser menos confortável nos horários mais quentes da tarde.

#### 4.3. Simulações no software Design Builder

##### 4.3.1 O conforto (Fanger PMV)

Os resultados podem ser visualizados no gráfico da Figura 11. Os valores mais altos de PMV, ou seja, as sensações menos confortáveis, são representados pelo “modelo 1” ou “modelo real”. Isso significa que qualquer uma das modificações apresentadas neste estudo, executadas no projeto arquitetônico original tal como ele se encontra hoje, traria benefícios em relação ao conforto térmico. Ainda assim não foi gerado “desconforto” (acima de +2 ou abaixo de -2).

O “modelo 3” ou o “modelo com proteção solar horizontal e vertical” obteve 27,08% a menos de desconforto em relação ao “modelo real”. Assim, nesse caso, a maior quantidade de proteções solares minimizou a incidência interna da radiação solar, provocando a diminuição do calor e, conseqüentemente, aumentou os índices de conforto. Em segundo lugar, o “modelo 4” trouxe maiores benefícios em relação ao “modelo 1” (21,875%) e, em terceiro lugar, o “modelo 2” (16,66%). A modificação do vidro incolor para o vidro verde não contribuiu, assim, tão significativamente como os brises.



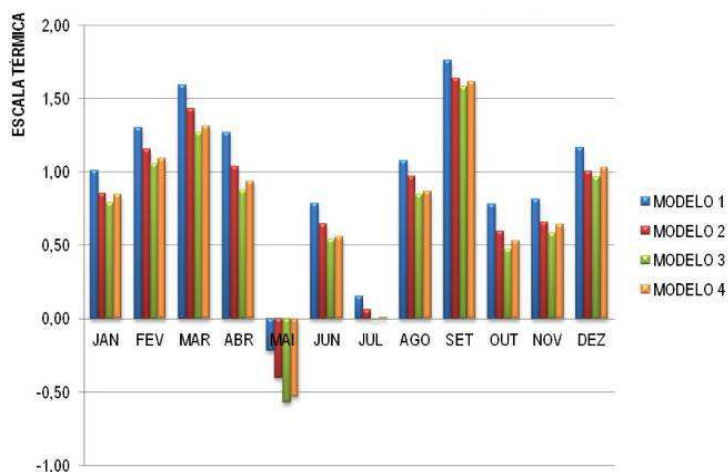


Figura 11 - Conforto: Índice de Fanger (PMV)  
Fonte: Adaptado do *Software Design Builder*

## 5. CONCLUSÕES

A partir dos resultados obtidos, pôde ser observado que as diferentes características de cada sala, principalmente relacionadas ao entorno construído de cada estudo de caso, influenciaram o modo como a luz atuou no conforto térmico dos usuários. Foi possível constatar que a quantidade de vegetação e blocos vizinhos no seu entorno influenciou no conforto térmico. A sala 102 do bloco D67, por possuir um pé-direito 0,30m mais alto e um entorno mais desobstruído, obteve índices menores de conforto.

A sensação relatada pelos usuários nos questionários demonstrou que ela estava fortemente ligada à temperatura operativa do ambiente: em geral, a maioria dos alunos sentiu-se confortável ou levemente desconfortável entre valores de 27°C e 29°C na 1ª fase (próximo ao verão) e, acima desse valor, tanto nessa quanto na 2ª fase, situada no inverno, percebeu-se com calor, principalmente durante a tarde, na sala 102 do bloco D67, em razão de suas características diferenciadas, já expostas anteriormente.

Em relação aos modelos tridimensionais, foi verificado que as modificações construtivas contribuíram para o conforto. O “modelo com proteção solar horizontal”, levando em consideração todos os aspectos analisados, proporcionou maiores taxas de conforto térmico do que o “modelo real” e o “modelo com vidro verde”. Esta etapa demonstrou que os *softwares* são ferramentas importantes no ato de projeto, pois o projetista torna-se capaz de prever se as estratégias projetuais pensadas poderão proporcionar ambientes com performances mais eficientes, beneficiando os usuários dos edifícios.

Portanto, o conforto térmico das salas de aula analisadas não estão somente interligados à orientação cardinal Noroeste, mas principalmente ao modo como a incidência da radiação solar alcança o ambiente interno. Assim, no ato de implantação dos blocos de sala de aula na UEM, devem ser considerados, ainda nas etapas de estudo preliminar do projeto, os elementos já existentes e os que farão parte do seu entorno, como a vegetação, as calçadas e as vias (se são pavimentadas ou gramadas).

É importante que se analisem mais opções de proteção solar com outros materiais ou, até mesmo, outras configurações físicas, de modo que se obtenham melhores índices que contribuam para o conforto do usuário e o baixo consumo energético. Em decorrência do rígido esquema de implantação dos blocos ao qual a UEM está submetida, recomenda-se, em vista disso, que outros estudos ligados ao projeto arquitetônico e a sua relação com o entorno construído sejam realizados, de modo que se chegue a estratégias que possam proporcionar ambientes adequados para o processo ensino-aprendizagem.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. PROJETO DE LEI ABNT NBR 15220-2: Desempenho térmico de edificações: parte 2: Métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações. Rio de Janeiro, 2003.
- AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS, INC. Addendum d to ASHRAE 55: **Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy**. Atlanta, U.S., 2010.
- CORBELLA, O. D.; MAGALHÃES, M. A. A. A.. Conceptual differences between the bioclimatic urbanism for Europe and for the tropical humid climate. **Renewable Energy**, Amsterdam, v. 33, p. 1019 - 1023, 2008.
- INTERNATIONAL STANDARD. 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 criteria. Switzerland, 2005.

- GRAÇA, V. A. C. da; KOWALTOWSKI, D. C. C. K.; PETRECHE, J. R. D.. An evaluation method for school building design at the preliminary phase with optimisation of aspects of environmental comfort for the school system of the State São Paulo in Brazil. **Building and environment**, USA, v. 42, p. 984-999. 2007.
- IIDA, I.. **Ergonomia: projeto e produção**. São Paulo: Edgard Blücher, 2005.
- LANDGRAF, M. A. C.. **Estudo das Condições Lumínicas e Térmicas de dois Blocos da Universidade Estadual de Maringá. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.**
- KOWALTOWSKI, D. C. C. K.. **Arquitetura escolar: o projeto do ambiente de ensino**. São Paulo: Oficina de Textos, 2011.
- OLGYAY, V.. **Arquitectura y clima: manual de diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas**. Barcelona: Editorial Gustavo Gili, S.A., 1998.
- 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**. Florianópolis, 2003. [Apostila do Laboratório de Eficiência Energética em Edificações – LabEEE e Núcleo de Pesquisa em Construção - NPC – UFSC].
- RORIZ, M.. **Arquivos climáticos de Municípios Brasileiros**. São Carlos: ANTAC (Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído), 2012. Disponível em <[http://roriz.dominiotemporario.com/doc/Sobre\\_os\\_arquivos\\_EPW.pdf](http://roriz.dominiotemporario.com/doc/Sobre_os_arquivos_EPW.pdf)>. Acesso em: 10 dez. 2012.
- RUAS, A. C.. **Sistematização da avaliação de conforto térmico em ambientes edificados e sua aplicação num software**. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2002.
- SANTANA, M. V.; GHISI, E.. **Influência de parâmetros construtivos relacionados ao envelope no consumo de energia em edifícios de escritórios da cidade de Florianópolis**. In: X ENCONTRO NACIONAL E VI ENCONTRO LATINO AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO. 2009, Natal. Anais...Natal: ENCAC-ENLACAC, 2009, p. 1164-1173.
- SANTOS, I. G. dos. **Análise de envoltória e do sistema de iluminação a partir do “Regulamento Técnico da Qualidade para Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos” para avaliação de desempenho de sistemas de fachada e de proteções solares**. Dissertação (Mestrado em Ambiente Construído e Patrimônio Sustentável) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009.