

AVALIAÇÃO QUALITATIVA DO CONFORTO TÉRMICO E DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÃO ESCOLAR DE SÃO MIGUEL DO OESTE, SC: ESTUDO DE CASO

Norma do Nascimento Batista Caldera*

Luana Cristina De Bortoli**

Resumo

O presente artigo teve por objetivo demonstrar o trabalho realizado durante a análise qualitativa do conforto térmico em edificações escolares da rede municipal de ensino do Município de São Miguel do Oeste, SC, por meio da realização de estudos de casos específicos em duas escolas da rede pública, observando a relação entre a concepção arquitetônica, no que se refere à envoltória, com vistas à qualidade térmica e à promoção de eficiência energética no ambiente escolar. Com base na realização de aferições de temperatura dos ambientes externo e interno das paredes, demonstra-se a importância de elementos como a orientação solar, a presença de vegetação e outros pontos relacionados a estratégias de conforto térmico passivo para a economia de energia destinada a suprir a necessidade por conforto em edificações escolares. Isso, aliado à aplicação de um questionário direcionado aos usuários da edificação, descobre-se como os usuários se sentem nestas edificações em relação ao conforto térmico. Apesar do presente trabalho ser uma iniciativa importante para o início de estudo sobre a realidade das escolas municipais quanto ao conforto térmico e a eficiência energética, não é possível, no presente momento, realizar um diagnóstico completo em decorrência do reduzido universo da pesquisa. Desse modo, para obter um posicionamento mais generalizado, seria necessário estudar também as demais escolas da rede pública municipal de ensino.

Palavras-chave: Conforto térmico. Eficiência energética. Edificação escolar.

1 INTRODUÇÃO

O presente trabalho irá debater sobre as condições de conforto térmico e a eficiência energética de duas edificações escolares localizadas no Município de São Miguel do Oeste, SC, com a finalidade de observar se são utilizadas estratégias de conforto térmico passivo identificando a sua situação em relação ao conforto térmico, por meio de medições de temperatura e de questionários aplicados a colaboradores.

Após observar e analisar cada resultado, levantam-se sugestões de conforto térmico que poderiam ser aplicadas atualmente para tentar melhorar as condições de conforto dos seus usuários.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 MEDIDAS PROJETUAIS PASSIVAS ADOTADAS NA CONCEPÇÃO ARQUITETÔNICA

Desde épocas remotas, observa-se em civilizações antigas a prática da utilização dos elementos naturais em que a edificação se insere para a melhoria na temperatura interior em épocas extremas de frio ou de calor.

Os *Pueblos* localizados nos Estados Unidos e os índios brasileiros citados por Barbirato, Torres e Souza (2011, p. 12) e por Cunha et al. (2006, p. 24-25) apresentam essa preocupação em comum, de se apropriar da insolação, da

* Doutora em Planejamento Energético com ênfase em Planejamento Ambiental pelo Programa de Planejamento Energético da Universidade Federal do Rio de Janeiro; Mestre em Arquitetura com ênfase em Conforto Ambiental na Universidade Federal do Rio de Janeiro; engenheira civil; nnbaptista@hotmail.com

** Graduanda em Arquitetura e Urbanismo na Universidade do Oeste de Santa Catarina de São Miguel do Oeste; Rua Paese, 198, Universitário, 89560000, São Miguel do Oeste, SC; luana.bortoli@gmail.com
luana.bortoli@gmail.com

vegetação, dos ventos, da topografia e das propriedades naturais dos materiais que encontram em sua região para tornar as suas construções confortáveis.

Dessa interação entre arquitetura e clima surge a arquitetura bioclimática. Lanham, Gama e Braz (2004, p. 10) acrescentam que “[...] no fundo, a Arquitetura Bioclimática é apenas um rótulo relativamente recente para classificar uma série de estratégias no processo de projeto.”

Tais estratégias e soluções são descritas minuciosamente por Cunha et al. (2006, p. 107-184) e são citadas a seguir: pérgola sazonal, iluminação zenital, termoacumulador de calor, aquecimento solar passivo com coletor zenital, estantes de luz, vegetação exterior como elemento de controle da ambiência térmica, vegetação exterior como elemento de controle dos fluxos de ar exterior, resfriamento evaporativo, ventilação por diferença de temperatura e ação do vento com ganho direto, ventilação artificial com resfriamento do ar pelo solo, ventilação interior por meio de elementos de cobertura, ventilação a partir da permeabilidade interna e ventilação de ático, ventilação por poços de ventilação, projeto de esquadrias com bandeja de luz, projeto de esquadrias com toldo, projeto de esquadrias maxim-ar, projeto de esquadrias tipo guilhotina, projeto de esquadrias com veneziana projetável, entre outras.

Além destas, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (2004), no anexo da NBR 15220, também apresenta uma lista de soluções passivas de conforto térmico. Trata-se de uma ferramenta mais específica, uma vez que se baseia nas características gerais de cada uma das oito Zonas Bioclimáticas em que o território brasileiro foi dividido (Z1 a Z8).

As situações apresentadas subsidiam a escolha adequada de estratégias de projeto visando conceber um ambiente confortável e com gasto energético que pode ser menor do que o das construções tradicionais.

2.2 A MELHORIA DAS CONDIÇÕES DE CONFORTO TÉRMICO E O AUMENTO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DA EDIFICAÇÃO ESCOLAR

A eficiência energética de uma edificação relaciona-se com a redução do consumo energético da construção e, ao mesmo tempo, com a maximização do conforto térmico.

Contribuindo para o entendimento dessa relação, Krause (2011, p. 23) defende que “Gerar uma arquitetura adequada a determinado clima significa elaborar espaços que propiciem a seus usuários, nos respectivos tempos de uso, condições internas microclimáticas compatíveis ao funcionamento de cada metabolismo nas diversas atividades ali exercidas.” Com isso, a necessidade da utilização de energia elétrica destinada a suprir a demanda dos aparelhos e equipamentos designados a proporcionar conforto pode ser reduzida, contribuindo, por outro lado, para uma maior eficiência energética da edificação.

Aplicados a edificações escolares, o conforto térmico e a eficiência energética têm ainda maior importância pela sua relação com a sustentabilidade, possibilitando ao ser humano melhores condições ambientais sem recorrer necessariamente a equipamentos e sistemas artificiais de climatização que demandem o consumo energético; essas instituições, por possuírem recursos públicos envolvidos, tais gastos realizados com energia poderiam ser investidos em equipamentos modernos que contribuíssem na melhoria da educação.

Mediante todo o contexto apresentado, entende-se que a eficiência energética se relaciona ao conforto térmico, ao passo que estratégias passivas de conforto térmico são incorporadas ao projeto para melhorar o desempenho energético da edificação.

2.3 O RENDIMENTO DO ALUNO E AS CONDIÇÕES DE CONFORTO TÉRMICO DA SALA DE AULA

A adequação dos edifícios escolares às condições climáticas beneficia diretamente o usuário em diversos aspectos, proporcionando conforto, saúde e melhor desempenho nas atividades realizadas.

No caso das edificações escolares, as questões referentes ao conforto têm uma importância ainda maior, uma vez que seu atendimento implica diretamente as condições de aprendizagem dos alunos.

Estas condições de aprendizagem podem ficar comprometidas com a interferência negativa do espaço físico, como as citadas por Bernardi e Kowaltowski (2001, p. 111). Nesse grupo, estão ventilação insuficiente ou em excesso, temperatura muito elevada ou muito baixa, iluminação inadequada gerando desconforto visual e existência de ruídos que atrapalham a concentração.

Além disso, as vestimentas dos alunos também devem ser as mais adequadas possíveis à realização de cada atividade para não influenciarem negativamente sobre o aprendizado, gerando desconforto por frio ou calor excessivos. Nesse sentido, Lamberts (2011, p. 8) acrescenta que “[...] a vestimenta funciona como um isolante térmico”, ou seja, protege o corpo contra as variações térmicas do meio ambiente. Entretanto, se se analisar esse fato relacionando ao desconforto por calor, a necessidade por conforto térmico é ainda maior, pois com o frio há a possibilidade de colocação de roupas que protegerão o ser humano, porém, em caso de calor excessivo, mesmo com uma vestimenta mais leve, a sensação de desconforto permanece.

2.4 O DESEMPENHO DO PROFESSOR E AS CONDIÇÕES DE CONFORTO TÉRMICO DA SALA DE AULA

O desempenho térmico do ambiente interfere no bem-estar dos seus usuários, inclusive afetando o corpo docente que, em razão da falta de condições adequadas, pode comprometer sua saúde física e psicológica, refletindo negativamente sobre o desempenho das atividades de ensino.

Nesse sentido, Cruz e Lemos (2005, p. 63) apresentam o enfoque na saúde mental dos trabalhadores, inserindo esse tópico no âmbito das doenças mais comuns no trabalhador brasileiro.

Associadas aos estudos sobre LER/DORT, têm sido produzidas outras pesquisas no Brasil sobre condições de trabalho e processos de adoecimento entre trabalhadores com enfoque na saúde mental. Informações do INSS, colhidas a partir do final da década de 90, mostram que, entre os trabalhadores do mercado formal, os transtornos mentais já ocupam o terceiro lugar entre as causas de concessão de benefício previdenciário como auxílio-doença, afastamento do trabalho por mais de 15 dias e aposentadoria por invalidez. (CRUZ, 2001; JACQUES, 2003 apud CRUZ; LEMOS, 2005).

Esse aspecto é importante para a docência, pois essa profissão exige uma constante atividade mental, em decorrência da complexidade dos processos cognitivos envolvidos no entendimento e na transmissão de conhecimentos.

Dessa forma, quanto melhores as condições de trabalho fornecidas, pressupõe-se que o resultado também seja melhor. Assim, reforça-se a ideia de que é necessário realizar investimentos para possibilitar condições ambientais adequadas à realização das atividades pedagógicas, bem como das demais atividades que fornecem suporte ao funcionamento de uma unidade escolar.

2.5 ESTUDOS DE CASO

2.5.1 Métodos e equipamentos utilizados

O trabalho de campo foi realizado com base na aplicação de questionários a colaboradores de duas escolas públicas municipais localizadas no Município de São Miguel do Oeste, SC, e de medições de temperaturas, utilizando um termômetro infravermelho e um termômetro digital, ambos da marca Instrutherm; também aferindo temperaturas de ambientes e de paredes, internos e externos.

Fotografia 1 – Equipamentos: Termômetro infravermelho e termômetro digital



Fonte: os autores.

2.5.2 Resultados do questionário – Centro de Educação Infantil Criança Feliz

A aplicação do questionário foi direcionada aos colaboradores da escola, uma vez que as crianças atendidas pelo estabelecimento são muito pequenas e não possuem condições de respondê-lo.

Dessa forma, o questionário foi direcionado aos 18 profissionais; apenas seis deles aceitaram responder às perguntas, correspondendo a um universo de 33,3% do total. O trabalho de campo por meio da aplicação dos questionários a colaboradores do CEI. Criança Feliz possibilitou constatar os seguintes resultados:

- a) todos os profissionais que responderam ao questionário sabem do que se trata o conforto térmico;
- b) todos os profissionais que participaram da pesquisa afirmaram haver necessidade de utilizar a iluminação artificial durante o dia na realização das tarefas escolares;
- c) os ambientes da escola onde faz mais calor são a sala de professores, o refeitório, a sala de coordenação, a sala de direção e a sala de aula. Os mais citados são a sala de professores e o refeitório com percentual de 25% cada um;
- d) os ambientes da escola onde faz mais frio são o refeitório, a sala de brinquedos, a sala de coordenação e a sala de aula; o mais citado foi o refeitório, com 50%;
- e) para todos os profissionais participantes, há a necessidade de utilização de climatização artificial para a temperatura nos ambientes da escola se manter confortável; em todas as salas de aula existem climatizadores;
- f) para 66,7%, a temperatura de cada espaço é considerada adequada às atividades realizadas nele. Para 16,5%, isso não ocorre, e os demais não responderam a essa questão;
- g) a temperatura foi considerada mais agradável apenas nos períodos de primavera e outono, com 50% das preferências cada uma;
- h) a temperatura alta atrapalha as atividades nos dias quentes, conforme 83,2% dos entrevistados, enquanto que para 16,8%, isso não acontece;
- i) para 50% dos colaboradores com a pesquisa, a temperatura atrapalha as atividades das crianças nos dias frios, e para 50%, isso não ocorre;
- j) sobre as soluções dos problemas enfrentados em relação à temperatura, as sugestões feitas (com 16,6% cada uma) foram a colocação de ar condicionado em alguns ambientes, o plantio de mais vegetação no entorno da edificação e a colocação de uma manta térmica sob o telhado; os demais 50% não realizaram nenhuma sugestão.

2.5.2.1 Resultado das medições de temperatura

As medições foram realizadas com a utilização de dois tipos de termômetro: o digital e o infravermelho, cujas especificações seguem a seguir. As aferições de temperatura foram realizadas em espaços internos e externos, averiguando a temperatura das paredes e do ambiente.

No ambiente externo, optou-se em aferir a temperatura de paredes localizadas à orientação norte, sul, leste e oeste.

Tabela 1 – Resultado das aferições realizadas nas fachadas e ambientes exteriores.

Orientação da fachada	Valor aferição da temperatura da parede	Valor da aferição da temperatura do ambiente
Norte	20°	21°
Sul	20°	21°
Leste	20°	21°
Oeste	20°	21°

Fonte: os autores.

É importante ressaltar que, na medição da temperatura ambiente, os 23 °C encontrados são aferidos rente à edificação. Porém, em termos de comparação, realizou-se uma medição na mesma orientação mas fora da sombra da vegetação existente no ponto que havia sido feita a medição anterior, a cerca de quatro metros da construção, e verificou-se uma temperatura ambiente de 23 °C. Isso mostra na prática a influência da vegetação para o conforto térmico das edificações, nesse caso representando uma diferença de 2 °C.

No ambiente interno, optou-se em aferir a temperatura em espaços com paredes localizadas às orientações norte, sul, leste e oeste.

Tabela 2 – Resultado das aferições realizadas nos ambientes internos

Nome do ambiente	Valor da aferição da temperatura da parede	Valor da aferição da temperatura do ambiente
Sala de aula parede norte	21°	23°
Sala de aula parede oeste	21°	23°
Sala de aula oeste	20°	24°
Refeitório leste	20°	24°
Sala de brinquedos sul	19°	23°
Sala de brinquedos leste	20°	23°

Fonte: os autores.

2.5.2.2 Sugestão de soluções que poderiam ser implementadas

Após a realização de questionários e das aferições de temperatura de paredes e ambientes, as soluções sugeridas para melhorar o conforto térmico da edificação são:

- analisar a possibilidade de implantar espaços com iluminação natural para reduzir a necessidade de utilização de iluminação artificial durante o dia;
- colocação de *brises* nas aberturas dos ambientes da escola onde faz mais calor, principalmente na fachada oeste, pois apresenta um terreno menor no qual o plantio de vegetação seria mais dificultoso, pois nesse lado da edificação se localiza o *playground*;
- instalação de manta térmica sob o telhado, de modo a reduzir a necessidade da utilização de ar condicionado, reduzindo também o gasto energético.

2.5.3 Resultados do questionário – Grupo Escolar Emma Balke

A escola possui 18 educadores e o questionário foi respondido por 10 deles, correspondendo a 55,6%. Observou-se que:

- a) apenas 10% dos entrevistados responderam não saber o que é conforto térmico;
- b) quanto à necessidade do uso de iluminação artificial durante o dia na realização das tarefas escolares, constatou-se que, em 100% das atividades, há esta necessidade;
- c) os ambientes da escola onde os entrevistados afirmaram sentir mais calor são os mesmos que os entrevistados afirmaram sentir mais frio: o refeitório e o ginásio esportivo. O refeitório apresenta-se ao lado de um pátio interno onde a oeste existe uma parede envidraçada na qual o sol incide durante o período vespertino;
- d) para 90% dos entrevistados, a temperatura nos ambientes escolares é considerada confortável com o uso de climatização artificial, e para 10%, não é considerada confortável, mesmo com o uso de climatizadores;
- e) para 60% dos entrevistados, a temperatura de cada espaço é adequada às atividades realizadas nele. Para 40%, isso não ocorre;
- f) quanto à preferência em relação às estações do ano, a primavera é a estação em que a temperatura é considerada mais confortável com 70% dos casos e, em seguida com 30%, aparece o outono;
- g) ao perguntar se a temperatura alta atrapalha as atividades, em 90% dos entrevistados confirmaram, enquanto para 10% isso não acontece;
- h) em relação à temperatura atrapalhar em dias frios, constatou-se que para 80% a temperatura atrapalha as atividades e para 20%, não atrapalha;
- i) sobre as soluções dos problemas enfrentados com relação à temperatura, constatou-se que há a necessidade de instalação de climatização artificial em quase todas as salas de aula, como ar condicionado e ventiladores;
- j) observou-se, também, que ainda há ambientes nos quais a temperatura atrapalha, como na cozinha e no refeitório.

2.5.3.1 Resultados das medições de temperatura

As medições foram realizadas com a utilização de dois tipos de termômetro: o digital e o infravermelho, realizando aferições de temperatura em espaços internos e externos, averiguando a temperatura das paredes e do ambiente. No ambiente externo, optou-se em aferir a temperatura em espaços localizados às orientações norte, sul, leste e oeste.

Tabela 3 – Resultado das aferições realizadas nas fachadas e ambientes exteriores

Orientação da fachada	Valor da aferição da temperatura da parede	Valor da aferição da temperatura do ambiente
Norte	30°	27°
Sul	24°	25°
Leste	25°	25°
Oeste	42°	26°

Fonte: os autores.

No ambiente interno, optou-se por aferir a temperatura em espaços localizados às orientações norte, sul, leste e oeste.

Tabela 4 – Resultado das aferições realizadas nos ambientes internos

Nome do ambiente e orientação solar	Valor da aferição da temperatura da parede	Valor da aferição da temperatura do ambiente
Sala de aula leste	27°	28°
Cozinha norte	28°	28°
Sala de aula sul	25°	28°
Sala de aula norte	27°	27°
Sala de aula sul	26°	27°
Sala de aula a oeste	28°	27°
Refeitório	-	27°
Pátio interno – oeste	30°	25°
Pátio interno – leste	24°	25°
Pátio interno – sul	27°	25°
Pátio interno – norte	23°	25°

Fonte: os autores.

2.5.3.2 Sugestão de soluções que poderiam ser implementadas

Para a Escola Emma Balke, após a realização de questionários e das aferições de temperatura de paredes e ambientes, as soluções sugeridas para melhorar o conforto térmico da edificação são:

- proteger com jardim vertical ou *brise* o espaço da cantina, a qual possui vidro oeste, reduzindo a incidência da radiação solar no período vespertino;
- sugerir o plantio de vegetação caducifólia no ambiente externo próximo aos ambientes ao norte. Com esta vegetação, o calor poderia ser amenizado no verão, e no inverno, com a perda das folhas, esta vegetação permitiria o acesso à radiação solar, diminuindo a sensação de frio extremo;
- sugerir a colocação de manta térmica sob o telhado, de modo a reduzir a necessidade da utilização da climatização artificial, reduzindo também o gasto energético da edificação.

5 CONCLUSÃO

Com base nas visitas realizadas, percebe-se que não é usual a utilização de estratégias de conforto térmico passivo aplicadas a projeto de arquitetura, pelo menos nas edificações escolares visitadas. Ao contrário, constata-se que há a colocação de equipamentos de climatização artificial nos ambientes para remediar a falta de conforto térmico de alguns ambientes.

Apesar disso, foram encontrados ambientes que ainda continuam desconfortáveis termicamente e apresentaram nas medições temperaturas superiores à indicada para que o ser humano esteja confortável para a realização de suas atividades, apresentando entre 28 e 27 °C.

As condições de conforto térmico do espaço edificado não estão adequadas e não contribuem com a eficiência energética das edificações, uma vez que o projeto arquitetônico não contempla soluções projetuais passivas, e nem respeita as recomendações conforme as condições climáticas da região em que está inserido, interferindo na utilização dos espaços escolares e impactando as condições de ensino.

Nota explicativa:

¹ Rivero (1986, p. 69) apresenta o clima como “[...] o conjunto de fenômenos meteorológicos que definem a atmosfera de um lugar determinado [...]”

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR-15220, Desempenho térmico de edificações, Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social**. Rio de Janeiro, 2004.
- BARBIRATO, Gianna Melo; TORRES, Simone Carnaúba; SOUZA, Lea Cristina de. **Clima Urbano e Eficiência Energética nas Edificações**. Rio de Janeiro: Eletrobras: Ufal, ago. 2011. 113 p. Disponível em: <<http://www.procelinfo.com.br/main.asp?View={5A08CAF0-06D1-4FFE-B33595D83F8DFB98}&Team=¶ms=itemID={E6AA A4FA-C5DA-4F32-8556-E71038461802};&UIPartUID={05734935-6950-4E3F-A182-629352E9EB18}>>>. Acesso em: 15 jul. 2013.
- BERNARDI, Núbia; KOWALTOWSKI, Dóris. **Avaliação da interferência comportamental do usuário para a melhoria do conforto ambiental em espaços escolares**: estudo de caso em Campinas, SP. ENAC, nov. 2001. Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/search?q=conforto+comportamental>>. Acesso em: 07 jun. 2013.
- CRUZ, Roberto Moraes; LEMOS, Jadir Camargo. Atividade Docente: condições de trabalho e processos de saúde. **Motrivivência**, ano 17, n. 24, p. 59-80, jun. 2005. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/motrivivencia/article/view/742/3887>>. Acesso em: 15 jul. 2013.
- CUNHA, Eduardo Grala da et al. **Elementos da arquitetura de climatização natural**: método projetual buscando a eficiência energética nas edificações. 2. ed. Porto Alegre: Masquatro, 2006. 188 p.
- KRAUSE, Claudia Barroso. **Conforto Térmico e Eficiência Energética em Edificações**. Rio de Janeiro: ago. 2011. Disponível em: <<http://www.procelinfo.com.br>>. Acesso em: 15 jul. 2013.
- LAMBERTS, Roberto. **Desempenho Térmico de Edificações**. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2011. Disponível em: <<http://www.labee.ufsc.br/sites/default/files/disciplinas/ECV5161%20Apostila-v2011.pdf>>. Acesso em: 10 fev. 2014.
- LANHAM, Ana; GAMA, Pedro; BRAZ, Renato. **Arquitetura bioclimática**: perspectivas de inovação e futuro. Lisboa, 14 jun. 2004. Disponível em: <http://www.gsd.inesc-id.pt/~pgama/ab/Relatorio_Arq_Bioclimatica.pdf>. Acesso em: 31 jul. 2013.
- RIVERO, Roberto. **Arquitetura e Clima**: acondicionamento térmico natural. 2. ed. rev. e ampl. Porto Alegre: D.C. Luzzatto Editores, 1986.