

A avaliação de conforto térmico como aporte-teórico metodológico: bases para o estudo de ambientes escolares no semiárido potiguar

Cleyton Santos de Medeiros
Contato: cleytonsantosm@hotmail.com

Tecnologia e Conforto no Ambiente Construído

INTRODUÇÃO

O artigo expõe uma discussão a nível de revisão teórica-metodológica sobre a avaliação de conforto térmico como um instrumento de pesquisa, uma vez que essa se configura como uma ferramenta que se pretende a aplicação para o estudo do ambiente construído de 3 escolas dentro do universo do semiárido potiguar, mais precisamente a ser realizado na cidade de Caicó/RN, região do Seridó, de clima quente e seco.

Partindo da premissa que o conforto térmico dos usuários dos ambientes escolares é condição necessária para o bom desenvolvimento das atividades de ensino-aprendizagem é observado que edificações escolares presentes na região do semiárido nordestino podem apresentar-se como espaços de desconforto aos usuários. BORGES (2014), aponta características da região universo de pesquisa que ratificam a preocupação sobre as condições que a região pode apresentar aos usuários no tocante ao conforto térmico, uma vez que, o clima semiárido e bioma da caatinga, apresenta: solo bastante erodido, baixo índice pluviométrico, alto nível de insolação e elevadas temperaturas médias anuais, e por consequência, secas prolongadas. Estas características climáticas hostis demandam cuidados especiais na produção arquitetônica desta região, na intenção de criar ambientes de proteção para aqueles que ali habitam.

Posto isso, a contribuição ora exposta tem a intenção de entender processos e conceitos sobre como avaliar o ambiente construído no âmbito do conforto térmico, a partir de uma tríade: desempenho térmico, sensações dos usuários e a arquitetura que abriga esses usuários. Para tanto, é feita uma revisão, ainda a nível exploratório, sobre os conteúdos acerca da avaliação de conforto térmico, expondo as abordagens existentes: a abordagem estática e a abordagem dinâmica para que a partir desse lastro teórico sejam feitas as escolhas sobre

os caminhos tomados quando da aplicação da avaliação em três escolas do semiárido potiguar.

MÉTODO

A metodologia utilizada para alcançar o objetivo de entender os conteúdos e bases acerca da avaliação de conforto térmico se deu através da leitura de artigos, dissertações e excertos consultados na apostilha de *Conforto e Stress Térmico* (LABEEE, UFSC, 2011). Com isso, é exposto no desenvolvimento uma síntese de pensamento sobre o conteúdo explanando, a evolução dos estudos e as abordagens formuladas para avaliar o ambiente construído no espectro do conforto térmico dos usuários.

DESENVOLVIMENTO

A avaliação de conforto térmico se configura num aporte teórico-metodológico, uma vez que, essa fornece tanto a teoria a ser compreendida sobre conforto térmico quanto os meios para chegar ao entendimento destas bases. Segundo a *ASHRAE 55 – Conforto Térmico é a condição da mente que expressa satisfação com o ambiente térmico e é aferido a partir de avaliação subjetiva*.

Estudos precedentes desenvolvidos há mais de 50 anos vêm aprimorando e estabelecendo critérios para entender melhor como analisar o conforto térmico dos usuários relacionando-os ao seu habitat natural ou construído. Dessa maneira, entende-se a *avaliação do conforto térmico* como um caminho teórico-metodológico, que durante as décadas tomou diferentes caminhos. Estas, que na atualidade, se dividem em duas correntes, a saber: a corrente estática, baseada no modelo de balanço térmico entre o indivíduo e o ambiente, desenvolvida a partir de experimentos controlados em câmaras climatizadas, tendo a figura de Fanger (1972) como a principal autoridade da



abordagem, a segunda, a corrente dinâmica, baseada nos modelos de conforto térmico adaptativo, os quais tomam como referência os estudos de Fanger (1972) e vários estudos semelhantes em diferentes partes do mundo reformulando-os através de modelos matemáticos e ampliando a aplicação teórica-metodológica para diferentes condições climáticas. As duas correntes são adotadas dentro de duas normativas internacionais, estas que determinam os métodos e técnicas para efetuar uma avaliação do conforto térmico na arquitetura, estas são:

- ISO 7730 – Ergonomics of thermal environment – Abordagem estática baseada no modelo do cálculo do PMV/PPD a partir dos estudos de Fanger (1972).
- ASHRAE 55 - Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy – Abordagem dinâmica a partir dos estudos de Dear e equipe (1998).

Segundo Lamberts et al (2011), os estudos em conforto térmico visam principalmente analisar e estabelecer as condições necessárias para a avaliação e concepção de um ambiente térmico adequado às atividades e ocupação humana, bem como estabelecer métodos e princípios para uma detalhada análise térmica de um ambiente.

Desta maneira, existem variáveis que influenciam no conforto térmico humano e elas podem ser divididas em duas classes: as pessoais e as ambientais (ou físicas). As ambientais são: a temperatura do ar, a temperatura radiante média, a velocidade do ar e a pressão parcial do vapor de água no ar ambiente.

Sobre as variáveis pessoais, o balanço de energia inclui duas variáveis humanas: o metabolismo e a vestimenta, para então ser relacionada com os votos de sensação térmica.

A partir da análise dos dados sobre o tipo de vestimenta dos pesquisadores, pode-se averiguar a contribuição destas sobre o conforto térmico dos indivíduos, uma vez que os tecidos são participantes no processo de resistência quanto às trocas térmicas das pessoas com os ambientes. De acordo com a literatura e as normas, atribui-se um valor de cálculo para as vestimentas, chamado de *Clo*. As roupas são classificadas segundo seu valor de isolamento, onde o *Clo* é um valor atribuído a cada peça de roupa utilizada.

A atividade humana desempenhada nos ambientes é considerada para a avaliação das condições de conforto

dos indivíduos, visto que a realização dessas atividades incide sobre o metabolismo humano. O metabolismo é o motor do corpo e a quantidade de energia lançada por ele é dependente da quantidade de atividade muscular. Normalmente, toda a atividade muscular é convertida em calor no corpo.

O **método do PMV** se conforma como um tipo de avaliação do conforto térmico desenvolvida e considerada válida para investigação em diferentes tipos de ambientes. O escopo da ISO 7730 revela que a normativa foi idealizada como um instrumento padrão internacional que apresenta um método de predição da sensação térmica e do grau de desconforto (desconforto térmico) para pessoas expostas em um ambiente térmico moderado. Isso permite a determinação analítica e a interpretação do conforto térmico usando o cálculo do PMV (voto médio predito) e do PPD (porcentagem de insatisfação predita). E critérios de conforto térmico local, dando as condições ambientais consideradas aceitáveis para conforto térmico geral, bem como aqueles que representam desconforto local. É aplicável a homens e mulheres saudáveis expostos a ambientes internos onde o conforto térmico é desejável, mas onde ocorrem desvios moderados do conforto térmico, na concepção de novos ambientes ou na avaliação dos existentes. Embora desenvolvido especificamente para o ambiente de trabalho, também é aplicável a outros tipos de ambientes.

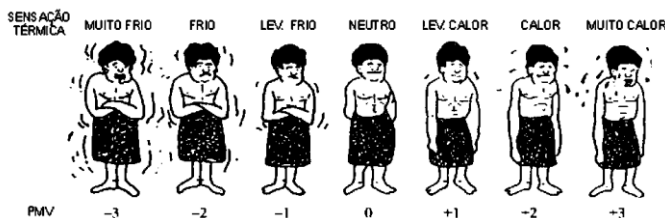
LAMBERTS (2011), aponta que o modelo utilizado na Norma Internacional ISO 7730 utiliza o “estado estacionário” ou “permanente” desenvolvido por Fanger (1972), o qual assume que o corpo em determinado ambiente, encontra-se em estado de equilíbrio não ocorrendo, portanto, acúmulo de calor em seu interior. O corpo assim modelado encontra-se bem próximo à condição de neutralidade térmica. O ganho de calor no corpo se dá através de produção de calor pelo metabolismo, e as perdas de calor se sucedem através da respiração e pela pele. As perdas de calor, de maneira sensível e latente pela pele e pela respiração, são expressas em termos de fatores ambientais. As expressões também levam em conta a resistência térmica e a permeabilidade das roupas. Variáveis tanto ambientais tais como a temperatura do ar, temperatura média radiante, velocidade do ar e umidade do ar e variáveis pessoais, como a atividade e vestimentas, são incorporadas ao modelo.

O modelo desenvolvido por Fanger é considerado um método clássico e definido como um modelo estático. Apesar das críticas ao método, ainda é uma base de



referência bastante adotada nos estudos de avaliação de conforto no ambiente construído e estudos posteriores vieram para adaptá-lo. Um dos parâmetros presentes no método é a resposta dos usuários sobre suas próprias percepções de conforto térmico, numa escala que vai de “muito frio” a “muito calor”, essa escala é definida pela ASHRAE 55 como escala de sensação térmica, a qual foi desenvolvida para quantificar a sensação térmica dos usuários, a Figura 1 abaixo ilustra essa escala:

Figura 1 - Escala de sensação dos indivíduos utilizada em uma avaliação térmica.



Por se tratar de um método considerado “estático”, a evolução dos estudos sobre conforto térmico passa a relatar pontos críticos nesse tipo de avaliação e ao mesmo tempo introduzir novos olhares acerca do comportamento dos indivíduos perante mudanças do ambiente que gerem desconforto térmico. As críticas consideram que o método, à época aplicado em câmaras climatizadas na Dinamarca, não se aplicam às condições climáticas de outras regiões, segundo HUMPREYS e NICOL (2002), a ao analisar a aplicabilidade do método PMV consideram que:

O PMV pode ser seriamente mal entendido quando usado para predição dos votos de conforto em grupos de pessoas em condições de cotidianas nos edifícios, particularmente em climas quentes. A revisão da ISO 7730 deve considerar as limitações do uso do PMV em edifícios, e fornecer uma faixa de aplicabilidade junto aos estudos empíricos. HUMPREYS e NICOL (2002:667-684).

Com as limitações apresentadas, os estudos que abordam o conceito de “conforto adaptativo” ganham mais força. No entanto, para sanar as lacunas referentes ao PMV, especificamente em climas quentes e naturalmente ventilados, Fanger e Toftum (2002) publicam um modelo reformulado do PMV, considerado também como modelo corrigido do PMV. Nesse modelo é atribuído um fator de expectativa ao usuário para a correção das sensações dos mesmos, a fim de responder

melhor aos ambientes não climatizados em climas quentes.

OS ÍNDICES ADAPTATIVOS

Intitulada de “modelo adaptativo” de conforto – carrega a noção que as pessoas exercem influência na criação de suas próprias preferências térmicas. Isso pode ser atingido através da interação com o ambiente, ou a modificação do seu próprio comportamento, ou por conta de contextos externos e as expectativas pessoais com relação as mudanças térmicas constates de cada lugar. Interesse e pesquisas dentro da teoria adaptativa começou em meados da década de 70 como resposta às crises de petróleo. Na década de 90 ganhou força novamente devido ao aumento da preocupação com o impacto que o humano exerce sobre a mudança climática global.

Pode-se considerar que o estudo do “conforto adaptativo” é iniciado por Andris Auliciems, quando o mesmo aborda em seus textos os três aspectos que modificam as condições de conforto das pessoas em relação ao ambiente térmico. Abordando assim fatores como:

- **Ajustes comportamentais:** inclui todas as modificações que o indivíduo pode fazer voluntária ou involuntariamente, o que modifica o aquecimento ou fluxos de massas que governa o balanço térmico do corpo.
- **Ajustes fisiológicos** – A adaptação fisiológica inclui todas as mudanças físicas que respondem aos resultados de exposição aos fatores ambientais, e a resposta gradual com a diminuição da tensão induzida a tal exposição.
- **Ajustes psicológicos** – a dimensão psicológica de adaptação em um ambiente interno se refere a uma alterada percepção e reação. A percepção térmica é diretamente e significativamente atenuada pelas experiências e expectativas do clima interno. O documento desenvolvido por Humphreys, De Dear, Brager e Cooper em 1998, é um importante relatório que compila as abordagens do conforto adaptativo em caráter minucioso e se configura como um referencial seminal para os estudos posteriores de análise de conforto através das abordagens adaptativas e seus índices, alguns dos quais advindos dos mesmos autores que trabalharam na formulação desse relatório.



Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo | PPGAU/UFRN

O princípio básico do modelo adaptativo: *ao ocorrer uma mudança de temperatura que gere desconforto térmico, as pessoas reagem de maneira a restaurar seu conforto* (HUMPHREYS e NICOL, 2002).

Nestas pesquisas de campo o pesquisador não interfere nas variáveis ambientais e pessoais, e as pessoas expressam suas sensações e preferências térmicas de acordo com escalas apropriadas. A partir desta avaliação da sensação térmica em ambientes reais, Michael Humphreys (1979) propôs o modelo adaptativo, supondo que as pessoas se adaptam diferentemente ao lugar onde estão sendo as ações adaptativas uma forma de ajuste do corpo ao meio térmico. “... A temperatura de conforto não é uma constante, e sim varia de acordo com a estação, e temperatura a que as pessoas estão acostumadas...” (Humphreys, 1979).

De acordo com Humphreys, o interesse pelo modelo adaptativo pode ser identificado por duas razões principais. A primeira por ter sido identificado que os resultados obtidos em câmaras climatizadas divergem dos valores conseguidos nos ambientes climatizados naturalmente, e a segunda pela constatação de que a população parece aceitar um intervalo de temperaturas muito maior do que a proposta pelos métodos racionais, já que o indivíduo se adapta ao lugar em que vive.

“Pesquisas em climas quentes têm verificado que os indivíduos podem se sentir confortáveis com temperaturas superiores a 30 graus Celsius, especialmente se usarem ventilação”. (NICOL, 2004).

Os índices adaptativos sugerem uma nova abordagem de avaliação térmica dos ambientes, considerando assim uma abordagem dinâmica anteriormente citada. Os estudos publicados foram incorporados na ASHRAE 55, dessa maneira a avaliação de conforto considera as variáveis ambientais e humanas já citadas dentro da explanação sobre a abordagem estática, porém a partir de modelos matemáticos que definem as faixas de conforto térmico dos usuários, considerando as temperaturas externas médias mensais.

Estudos sobre desempenho térmico de edificações no clima tropical, alguns destes Dissertações (1) de Mestrado do PPGAU/UFRN, têm utilizado o método da ASHRAE 55, que adota do modelo matemático de De Dear, considerando este como o mais adequado para ambientes tropicais naturalmente ventilados, uma vez que as correntes de ar são uma das variáveis observadas na avaliação do desempenho de conforto térmico dos ambientes internos.

Este breve panorama aqui traçado, auxilia no entendimento da evolução dos estudos e do

esclarecimento sobre as teorias e seus métodos atrelados, a fim de que, a partir disso, seja traçado os caminhos de pesquisa para a avaliação de ambientes escolares no semiárido potiguar, a ser realizada no ano de 2018.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Observando esse panorama teórico e a evolução dos estudos, entende-se que a abordagem dinâmica é o caminho teórico-metodológico para ser tomado como processo de avaliação do conforto térmico, uma vez que os modelos adaptativos é um aprimoramento da abordagem estática. Portanto, se configura como o método mais adequado para ambientes tropicais naturalmente ventilados, uma vez que as correntes de ar de 0,8m/s e valores acima disso, são uma das variáveis observadas na avaliação do desempenho de conforto térmico dos ambientes internos.

A metodologia da ASHRAE 55 influenciará no planejamento estatístico das variáveis qualitativas e quantitativas elencadas para pesquisa de campo nos ambientes escolares do semiárido potiguar.

AGRADECIMENTOS

Agradecimentos às orientações acadêmicas dos Professores Doutores: Virgínia Araújo e Aldomar Pedrini. Agradeço também ao Arquiteto Msc. Giovani Pacheco pela troca de ideias e esclarecimentos acerca das abordagens teóricas e métodos aplicados em campo no momento da coleta de dados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASHRAE (2013) Standard 55 – **Thermal Environment Conditions for Human Occupancy**, American Society of Heating Ventilating and Air-conditioning Engineers, Atlanta, USA.

BORGES, A. M. **Vernaculares: a casa de fazenda do século XIX como exemplo de adaptação ao clima semiárido**. . (Dissertação de Mestrado). Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2015.



_____. **ISO 7730 (2005)**. "Ergonomics of the thermal environment – Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria". Geneva.

DE DEAR, R.J.; BRAGER, G.S.; COOPER, D. **Developing an adaptive model of thermal comfort and preference**. Final Report. ASHRAE RP-884. 1997.

De Dear, R; BRAGER, G. **Thermal comfort in naturally ventilated buildings: revisions to ASHRAE Standard 55**. Energy and Buildings. 34 pp.549-561. 2002.

FANGER, P. Ole.; TOFTUM, Jorn. **Extension of the PMV model to non-air-conditioned buildings in warm climates**. Energy and Buildings. 34 pp.533-536. 2002.

LAMBERTS, R., XAVIER, A.; GOULART, S. **Conforto e Stress Térmico**. Universidade de Santa Catarina, 2011.

M A Humphreys 1979 **The influence of season and ambient temperature on human clothing behaviour** In: *Indoor Climate* Eds: P O Fanger & O Valbjorn, Danish Building Research, Copenhagen, pp 699-713.

NEGREIROS, B. D. A. **Análise de métodos de predição de desempenho térmico de habitação em clima quente e úmido com condicionamento passivo**. 2010. Dissertação (Mestrado) Programa de Pós Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.

NICOL, F; HUMPHREYS, M. **Adaptive thermal comfort and sustainable thermal standards for buildings**. Energy and Buildings. 34 pp.563-572. 2002.

NICOL, F;. **Adaptive thermal comfort standards in the hot humid tropics**. Energy and Buildings. 36 pp.627-637. 2004.

PACHECO, Giovani Hudson Silva. **Determinação de recomendações bioclimáticas para habitação de interesse social de quatro climas do Rio Grande do Norte**. 2016. 131f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2016.

NOTAS

1. Dissertações de Mestrado desenvolvidas no PPGAU UFRN sobre análise do desempenho térmico: NEGREIROS (2010), BORGES (2014), PACHECO (2016).