



ANÁLISE COMPARATIVA DE CÁLCULOS DE CARGA TÉRMICA

Alberto Hernandez Neto

Escola Politécnica da USP - Departamento de Engenharia Mecânica

Av. Prof. Mello Moraes, 2231 - CEP 05508-900 - São Paulo (SP) - Brasil

Arlindo Tribess

Escola Politécnica da USP - Departamento de Engenharia Mecânica

Fúlvio Vittorino

Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo SA- IPT - Div. Eng. Civil

Av. Prof. Almeida Prado, 532 - CEP 05508-901 - São Paulo (SP) - Brasil

Resumo. *Uma das principais etapas no projeto de um sistema de ar condicionado é a avaliação correta do perfil de carga térmica a ser suprido. O dimensionamento incorreto deste perfil pode acarretar conseqüências sérias como desconforto térmico dos ocupantes, seleção inadequada dos equipamentos de refrigeração do ambiente condicionado e aumento no consumo de energia. Neste trabalho é feita uma avaliação de três métodos para cálculo de carga térmica: regime permanente, CLTD/CLF e um método detalhado, utilizado no programa de simulação denominado BLAST. Considerou-se o efeito das diversas fontes (internas e externas) de calor na determinação das cargas térmicas pelos três métodos. Observações específicas para cada método analisado são apresentadas no sentido de permitir uma melhor compreensão de hipóteses que são adotadas nos mesmos e suas conseqüências no cálculo da carga térmica.*

Palavras-chave: Ar Condicionado, Transferência de Calor, Modelagem.

1. INTRODUÇÃO

É sabido que apenas a manutenção da temperatura e da umidade no interior dos ambientes em níveis pré-estabelecidos não é mais suficiente para garantir a satisfação dos usuários com o ambiente. A pureza do ar interior aparece cada vez mais em destaque entre as preocupações de uma pessoa que permanece em um ambiente condicionado. Porém, esta preocupação só veio à tona uma vez que os outros dois elementos (temperatura e umidade) já estavam em níveis satisfatórios, o que só é conseguido com sistemas de condicionamento corretamente dimensionados.

A determinação das cargas térmicas representa o primeiro e mais importante passo do processo de cálculo em um projeto de uma instalação de ar-condicionado, uma vez que os demais elementos desta atividade, como seleção de “chillers”, dimensionamento de dutos, distribuição do ar, etc., deverão ser desenvolvidos visando o suprimento da carga térmica. Desta forma, a sua determinação se reveste de um caráter de extrema responsabilidade para o projetista ao longo da marcha do serviço.

Atualmente, tem-se à disposição uma série de métodos de cálculo e de “softwares” implantados com base em tais métodos, fruto da evolução histórica das pesquisas na área e do desenvolvimento da informática, que estão sendo empregados cotidianamente.

Cada um desses métodos apresenta um grau de detalhamento diferenciado. O aumento dessa característica exige operadores mais qualificados como também implica em uma maior

complexidade executiva. Contudo, isto resulta em um aumento do potencial de produção de resultados mais próximos da realidade física.

Neste trabalho são abordados diferentes métodos de cálculo das cargas térmicas de condicionamento dos ambientes, elemento primeiro no cálculo das cargas térmicas da serpentina e nos equipamentos centrais.

2. CARGA TÉRMICA E GANHO DE CALOR

Inicialmente, é importante esclarecer que serão utilizados dois termos que não são normatizados do ponto de vista de terminologia mas que são muito comuns ao meio técnico na área de refrigeração e ar condicionado. O primeiro deles é “carga térmica” que significa a quantidade de calor que deve ser retirada/fornecida de um ambiente para que o mesmo mantenha-se à temperatura constante. O segundo é o de “ganho de calor” que é o fluxo de calor gerado por fontes internas de energia térmica ou transferido através das vedações.

Verifica-se, a partir do conceito de que carga térmica sensível é a quantidade de calor que deverá ser trocada com o ar interno para mantê-lo a uma determinada temperatura pré-definida, que se está tratando de fenômenos de natureza exclusivamente convectiva. Isto é válido, uma vez que, nas situações corriqueiras de uso de ar-condicionado, o ar é transparente à radiação.

Contudo, todas as trocas térmicas que ocorrem no interior de um recinto, a menos daquela associada à infiltração de ar externo, têm uma componente radiante presente. Esta componente radiante será primeiramente absorvida na face interna dos elementos de vedação, para, posteriormente, ser transferida de forma convectiva para o ar. Além disto, a natureza transitória da condução de calor em alguns elementos opacos de vedação (paredes e lajes) é inquestionável. Assim sendo, a variável tempo deve ser considerada em todas as análises.

Uma outra definição que se faz necessária é a de carga térmica latente. Esta refere-se à quantidade de calor que deverá ser trocada com o ar interno para mantê-lo a uma determinada umidade pré-definida. Pode-se dizer que a absorção e a transferência de umidade através das vedações de uma edificação é muitíssimo pequena e ocorre a uma velocidade muito baixa quando comparada com a escala de tempo do processo de condicionamento do ar. Dessa forma, é possível desprezar qualquer efeito de natureza transitória associado ao processo de manutenção da umidade interna.

3. EVOLUÇÃO DOS MÉTODOS DE CÁLCULO

Ao longo do tempo, os métodos de cálculo da carga térmica vêm sendo aprimorados. Já na década de 40, Mackey e Wright determinaram soluções para a equação de condução de calor através de paredes compostas por múltiplas camadas de materiais homogêneos (Mackey e Wright, 1946). Tais trabalhos consideram os efeitos transitórios existentes na condução de calor e desta forma visavam aprimorar a determinação dos ganhos de calor nos ambientes. Suas análises tinham como condições de contorno uma excitação senoidal de temperatura para a face externa da parede e a manutenção de um valor constante para a temperatura da outra face.

No início dos anos 60, a determinação das trocas térmicas que se processam entre o ambiente a ser condicionado e o ambiente exterior através de elementos opacos, era feita em larga escala admitindo-se que o fenômeno ocorre em regime permanente. Contudo, sabe-se que esta simplificação não apresenta bons resultados devido ao armazenamento térmico que se observa em alguns desses elementos. A resistência desse armazenamento impõe que a questão seja encarada sob um ponto de vista dinâmico.

Em 1967, a ASHRAE, através do seu Handbook of Fundamentals (ASHRAE, 1989) apresentou o método da diferença de temperatura total equivalente (TETD), que consiste em somar vários componentes dos ganhos de calor, num dado instante, obtendo-se, assim, o ganho de calor

total instantâneo do ambiente. Este ganho é convertido em carga térmica de resfriamento instantâneo por uma técnica de rateamento deste valor ao longo do tempo, que corresponde a distribuir a componente radiante no período de tempo imediatamente precedente. Esse procedimento complicou os cálculos, por exigir a consulta a diversas tabelas diferentes para todas as superfícies da edificação.

Outro método também proposto pela ASHRAE (ASHRAE, 1989), contemporâneo do método TETD, é o método das funções de transferência, que aplica uma série de fatores de ponderação aos ganhos de calor e às cargas térmicas das horas anteriores, bem como aos ganhos de calor que ocorrem no instante de cálculo, para considerar o efeito de armazenamento térmico na conversão dos ganhos de calor em carga térmica.

Contudo, apesar de apresentarem bons resultados, os métodos propostos pela ASHRAE mostravam-se muito trabalhosos, sendo mais adequados à aplicações computacionais. Sendo assim, no ano de 1977, esta mesma instituição apresentou o método das CLTD/CLF (ASHRAE,1989). Este método utiliza uma série de tabelas obtidas através de simulações em computador aplicando o método das funções de transferência para algumas vedações e ambientes específicos (Hernandez, 1994). O uso destas tabelas, nas quais já estão implícitos o efeito do armazenamento térmico, simplificou bastante os cálculos.

Concomitantemente ao desenvolvimento destes métodos, foram criados programas de computador que realizam uma simulação detalhada do comportamento térmico da edificação por meio de balanços de energia no ar interior e nos elementos de vedação para determinar as componentes convectivas dos ganhos de calor. Tais programas utilizam um modelo matemático complexo que simula o efeito do armazenamento térmico e das trocas radiantes que ocorrem no interior de ambientes. Isto é feito através da montagem e solução de n equações lineares a n incógnitas, sendo n o número de superfícies que constituem o recinto a ser condicionado, como é feito nos programas NBSLD (Kusuda, 1976), BLAST (Pedersen, 1993) e ESP-r (Clarke,1993).

Nas décadas de 80 e 90 não foram desenvolvidas inovações na área que chegassem a ser caracterizadas como novos métodos de cálculo. Neste período, assistiu-se à criação de programas em versão para computadores pessoais de alguns dos algoritmos elaborados nas décadas anteriores, como é o caso do programa BLAST e do programa DOE-2 (Birdsall,1994).

4. MÉTODOS SIMPLIFICADOS

Estes métodos, ainda utilizados no Brasil devido à sua simplicidade, apresentam como características:

- a) cálculos em regime permanente;
- b) não separação das componentes radiante e convectiva dos ganhos de calor; e
- c) determinação apenas do valor máximo diário da carga térmica, considerando apenas as condições mais rigorosas de exposição, e que o instante de ocorrência do valor máximo diário de radiação coincide com o do valor máximo da temperatura de bulbo seco externa.

Desta forma, a determinação da carga térmica (CT) devido à transferência de calor por elementos opacos, reduz-se, simplesmente à equação:

$$CT = U.A.(T_{Ar-sol} - T_{int}) \quad (1)$$

onde:

- U = coeficiente global de troca de calor entre o ambiente interno e o meio externo, função dos coeficientes de película que englobam tanto os efeitos de convecção como de radiação;
- A = área do elemento de vedação;
- T_{int} = temperatura de bulbo seco de projeto do ar interior;
- T_{Ar-sol} = temperatura Ar-Sol. Temperatura fictícia determinada por:

$$T_{Ar-Sol} = T_{ext} + \frac{\alpha \cdot I}{h_e} \quad (2)$$

com:

- T_{ext} = temperatura de bulbo seco de projeto do ar exterior;
- α = absorptância à radiação solar da face externa do elemento de vedação;
- I = radiação solar incidente no elemento;
- h_e = coeficiente de troca de calor combinado convecção+radiação, na face externa do elemento de vedação.

A carga térmica sensível total é determinada pela simples adição de todos os demais valores máximos de ganhos de calor (pessoas, equipamentos, lâmpadas, radiação pelas janelas, componente sensível da infiltração) com a somatória dos ganhos de calor por condução através de todos os elementos opacos (todas as paredes, portas e teto).

5. MÉTODOS DETALHADOS

A determinação da carga térmica sensível é feita aplicando-se a 1ª lei da termodinâmica a um volume de controle que contém todo o ar do recinto a ser condicionado. São assumidas as hipóteses de que o ar é um fluido isotérmico, incompressível e com propriedades constantes e que a sua capacidade térmica é desprezível. Desta forma, a equação para a determinação da carga térmica torna-se:

$$CT_t = \dot{m}_{inf} \cdot c_p \cdot (T_{int,t} - T_{ext,t}) + \sum_{j=1}^n [h_{j,t} \cdot (TS_{j,t} - T_{int,t})] \quad (3)$$

onde:

- \dot{m}_{inf} : vazão em massa de ar externo de infiltração;
- c_p : Calor específico do ar, à pressão constante;
- h: coeficiente de convecção na face interna do elemento de vedação;
- TS: temperatura superficial do elemento de vedação;
- j: índice que denota o elemento de vedação;
- t: instante do cálculo;

A fim de se utilizar a Eq. 3, devem ser determinadas a taxa de infiltração de ar externo no ambiente e as temperaturas superficiais dos elementos de vedação. O primeiro elemento é em geral um dado assumido a partir de tabelas ou, em casos especiais, pode ser determinado por meio de algoritmos de cálculo (Clarke, 1993). Já a determinação das temperaturas superficiais é feita instante a instante, juntamente com o cálculo das cargas térmicas aplicando-se novamente a primeira lei da termodinâmica agora a um volume de controle ao redor da superfície interna do elemento de vedação. A equação daí resultante é:

$$Q_{cond\ j,t} + h_{j,t} \cdot (TS_{j,t} - T_{int,t}) + \sum_{k=1}^n FF_{j,k} \cdot h_r (TS_{k,t} - TS_{j,t}) + Rad_{j,t} = 0 \quad (4)$$

sendo:

- $Q_{cond\ j,t}$ = fluxo de calor por condução que atravessa a superfície de controle;
- k = índice que denota os demais elementos de vedação do ambiente;
- FF = fator de forma geométrico entre as superfícies j e k ;
- h_r = coeficiente linearizado de troca de calor por radiação;
- Rad = fluxos de calor radiante devido a fontes internas e à radiação solar que atravessa elementos transparentes da edificação.

O termo que representa os fluxos de calor por condução podem ser determinados de diversas maneiras, como por exemplo, empregando-se a técnica das diferenças finitas (Clarke, 1993) ou o método dos fatores de resposta térmica (Kusuda, 1969). Em geral, o uso de qualquer uma destas técnicas, requer que seja feito um balanço de energia na face externa do elemento de vedação nos mesmos moldes que o realizado para a face interna.

6. MÉTODOS INTERMEDIÁRIOS

Neste caso, a carga térmica é determinada através de equações mais simplificadas que as dos métodos detalhados que, contudo, utilizam fatores que tentam reproduzir o efeito do armazenamento térmico das componentes radiantes dos ganhos de calor e da natureza transitória da condução de calor nos elementos de vedação. Entre tais métodos destaca-se o das CLTD/CLF de uso corrente nos EUA, seguindo recomendações da ASHRAE (1993), e que começa a ganhar força no Brasil, cujas principais equações são:

$$CT_t = \dot{m}_{inf} \cdot c_p \cdot (T_{int,t} - T_{ext,t}) + \sum_{j=1}^n U_j \cdot CLTD_{j,t} + Rad_t \cdot CLF_t \quad (5)$$

com:

- CLTD = diferença de temperatura equivalente entre o ambiente interno e externo, na qual está embutido o efeito transitório de condução de calor e sua conversão em carga térmica;
- CLF = fator de ponderação para conversão da componente radiante dos ganho de calor em carga térmica, específico para cada fonte de energia radiante.

7. PRÁTICAS CORRENTES DE PROJETO

Atualmente, no Brasil, utilizam-se, rotineiramente, procedimentos de cálculo baseados em métodos simplificados. Alguns projetistas que buscam maior rigor em seus dimensionamentos utilizam os denominados métodos intermediários, algumas vezes operacionalizados através de programas de computador distribuídos por produtores de equipamentos de ar condicionado.

Contudo, tem-se notado uma busca por métodos que não sejam "patrocinados" por estes produtores, com caracter de maior independência e neutralidade. Neste contexto, o método CLTD/CLF divulgado pela ASHRAE (1993) tem ganhado espaço.

8. EXEMPLO ANALISADO

Para o estudo das diferenças entre os métodos de cálculo de carga térmica, foi analisada uma academia de ginástica com paredes de vedação com capacidade térmica relativamente elevada, representativa das práticas construtivas atuais, e que apresenta perfis de utilização bastante diferenciados.

Na Fig. 1 é apresentada uma planta baixa desta edificação. Para este estudo, apenas a sala de musculação, de aeróbica, a lanchonete e a loja foram considerados como ambientes com temperatura e umidade controladas (24°C e 50%). Estes quatro ambientes foram agrupados em duas zonas, separadas pelo corredor central, não condicionado: a primeira composta pelas salas de aeróbica e de musculação e a segunda compreendendo a loja e a lanchonete. Na Tabela 1 são apresentadas características do sistema de iluminação e o número de ocupantes da edificação. Nos cálculos, considerou-se que 80% destes ocupantes estivessem na zona aeróbica/musculação e os 20% restantes na zona loja/lanchonete.

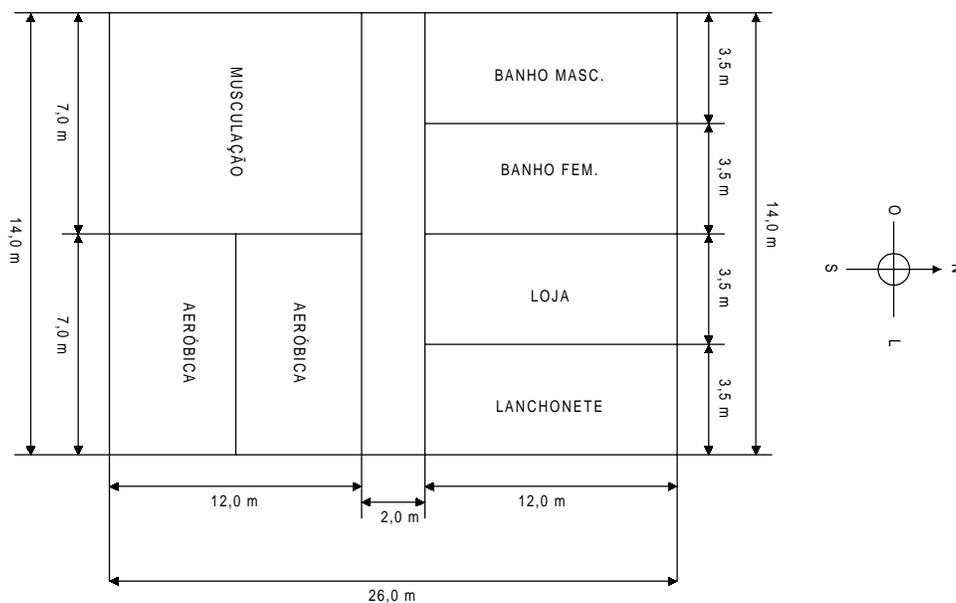


Figura 1 - Planta baixa da academia.

Tabela 1. Ocupação de pessoas e iluminação.

Horário	Ocupação (nº de pessoas)	Iluminação
7:00 às 9:00	50	Lâmpadas fluorescentes com potência instalada de 20 W/m ² , sem retorno de ar, ativas das 7:00 às 21:00 horas.
9:00 às 11:00	20	
11:00 às 13:00	40	
13:00 às 18:00	30	
18:00 às 21:00	50	

As áreas envidraçadas dos ambientes são:

- Lanchonete: 2 m², voltada para Norte;
- Loja: 2 m², voltada para Norte e 8 m², voltada para Leste;
- Sala de aeróbica: 4 m², voltada para Sul e 16 m², voltada para Leste;
- Sala de musculação: 4 m², voltada para Sul e 8,4 m², voltada para Oeste; e
- Banheiros: 4 m², voltada para Norte;

Foram consideradas as vedações e respectivas camadas apresentadas na Tabela 2. Os cálculos foram realizados para um dia típico de verão na cidade de São Paulo com frequência de ocorrência de 10% (Akutsu et.al., 1987) - temperatura de bulbo seco máxima: 31,4 °C; temperatura de bulbo úmido: 25,6°C; velocidade média de vento : 2,7 m/s (sentido sudoeste-nordeste). Além disso, foi adotado o perfil de equipamentos apresentado na Tabela 3.

Tabela 2. Propriedades térmicas dos elementos de vedação.

Paredes externas					
Camada	Material	Espessura [mm]	Calor Específico [J/(kg.°C)]	Condutividade Térmica [W/(m.°C)]	Densidade [kg/m ³]
1(externa)	granito	10	740	3,5	2700
2	argamassa	20	780	0,80	1790
3	concreto maciço	140	750	1,5	2250
4(interna)	gesso	10	1090	0,52	1300
Paredes internas:					
1(interna)	gesso	10	1090	0,52	1300
2	concreto maciço	140	750	1,5	2250
3(interna)	gesso	10	1090	0,52	1300
Teto					
1(externa)	Telha de fibrocimento	6	1000	0,25	1090
2	Laje de concreto maciço	80	780	0,8	1790
3(interna)	Forro de lã de vidro	15	1090	0,52	1300
Janelas					
única	Vidro liso incolor	6	850	0,81	2500

Tabela 3. Equipamentos.

Ambiente	Equipamentos	Calor Total Dissipado (W)
aeróbica / musculação	3 bicicletas elétricas; 3 esteiras elétricas; 3 steps elétricos; 12 aparelhos de musculação	1800
loja / lanchonete	1 grelha com coifa (1,0 m x 0,80 m); 1 máquina de café; 1 liquidificador; 1 expositor; 1 freezer grande; 1 geladeira grande	4540

Com base nos dados da edificação e de condições internas e externas de projeto, foram calculados os perfis de carga térmica para a academia para três diferentes métodos: regime permanente, CLTD/CLF e o método detalhado. Para este último, foi empregado o programa de simulação BLAST.

Para o método CLTD/CLF a radiação solar incidente em superfícies transparentes foi obtida a partir das tabelas apresentadas no Handbook of Fundamentals da ASHRAE (ASHRAE,1989), sendo estes mesmos valores usados para o método de regime permanente. No método detalhado, os valores de radiação foram calculados utilizando-se as próprias rotinas do programa BLAST, para condições de céu limpo.

9. RESULTADOS

Nas Figs. 2 e 3 são apresentados, respectivamente, os valores horários da carga térmica total para as zonas aeróbica/musculação e loja/lanchonete. Pode-se observar que o método das CLTD/CLF gera um perfil de carga térmica com valores mais elevados que os obtidos com o BLAST, para os dois ambientes condicionados, porém bem menores que os do método em regime permanente.

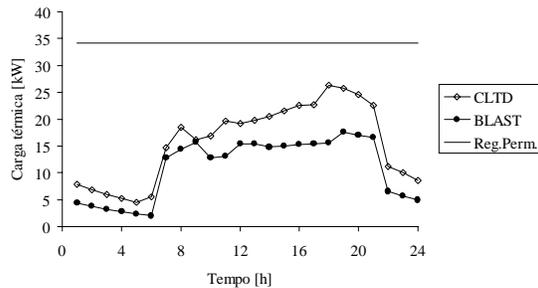


Figura 2 - Perfis de carga térmica total para o conjunto sala de musculação/aeróbica.

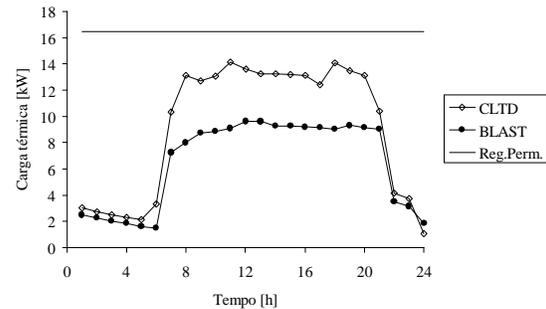


Figura 3 - Perfis de carga térmica total para o conjunto lanchonete/loja.

Separando as componentes sensível e latente da carga total nos ambientes, pode-se observar que o comportamento verificado no perfil de carga térmica total repete-se para o perfil de carga sensível, que representa uma grande parte da carga térmica total (Figs. 4 e 5). Além disso, verifica-se nos resultados obtidos com o BLAST uma elevação significativa da carga sensível na zona aeróbica/musculação na primeira hora do período em que há incidência de radiação solar sobre as áreas envidraçadas. Para o método das CLTD/CLF, observou-se o mesmo efeito ao final do dia, coincidindo, porém, com a “entrada” de um número maior de pessoas no ambiente, fato não observado nos resultados obtidos com o BLAST. Isso indica uma diferença na transformação da parcela radiante do ganho de calor em convecção, elemento básico de qualquer método. No método detalhado, observa-se que esta componente radiante é mais atenuada ao longo do tempo do que é feito pelo método CLTD/CLF.

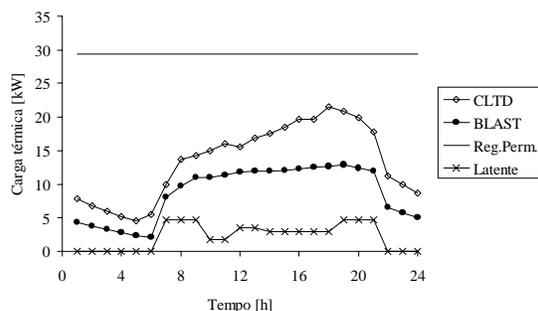


Figura 4 - Perfil de carga térmica sensível e latente para o conjunto musculação/aeróbica.

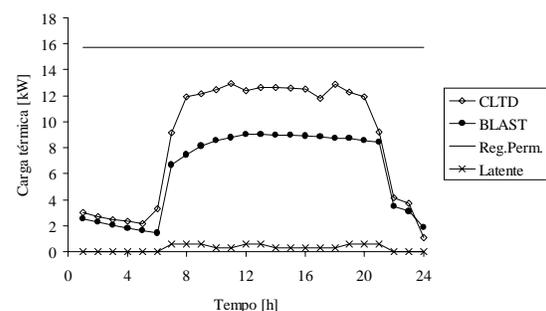


Figura 5 - Perfil de carga térmica sensível e latente para o conjunto lanchonete/loja.

Este fato já não ocorre no conjunto lanchonete/loja, onde o número de pessoas e a energia radiante que atravessa as janelas é menor.

A fim de analisar mais detalhadamente os resultados, são apresentados nas Figs. 6 e 7, respectivamente, os valores horários das componentes de carga térmica sensível devido ao uso (ocupação, iluminação e equipamentos) e à envoltória. Na Fig. 6, observa-se que os perfis devido ao

uso, obtidos pelo três métodos, são bem próximos. Analisando-se a Fig. 7, constata-se que as diferenças obtidas nas cargas térmicas sensível e total dos ambientes se devem à componente transferida pela envoltória.

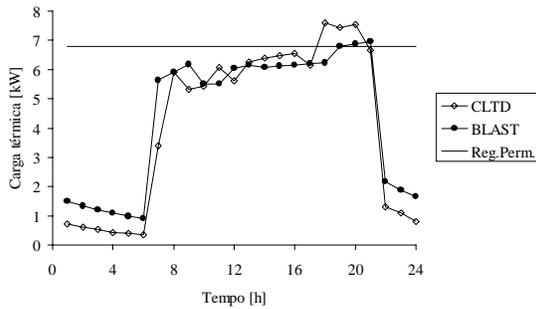


Figura 6 - Perfil de carga térmica sensível devido a ocupação, iluminação e equipamentos.

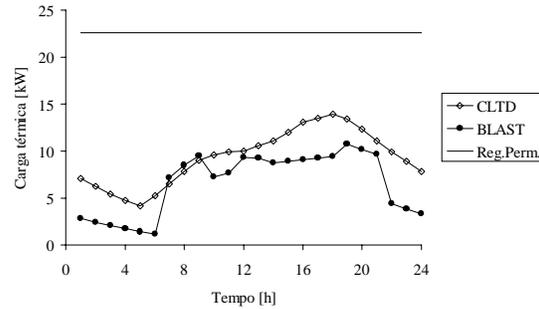


Figura 7 - Perfil de carga térmica sensível devido à envoltória

Na Tab. 4 são apresentados os valores da carga térmica máxima de condicionamento, de suas componentes sensível e latente e horário de ocorrência. Com base nestes valores, verifica-se que o método utilizado pelo BLAST retarda a ocorrência da carga máxima em uma a duas horas em relação ao método das CLTD/CLF. Só esta diferença nos horários já gera valores de carga térmica latente diferentes no momento do dimensionamento dos “fan-coils”, uma vez que este parâmetro é função direta do regime de ocupação.

Tabela 4. Valores de carga térmica.

Musculação/Aeróbica				
Método	Carga térmica máxima [kW]	Horário de ocorrência da carga térmica máxima	Carga térmica sensível [kW]	Carga térmica latente [kW]
CLTD	26,3	18	21,5	4,8
Detalhado	17,5	19	12,8	4,7
Reg. Perm.	34,2	sempre	29,4	4,8
Lanchonete/Loja				
CLTD	14,2	11	13,0	1,20
Detalhado	9,64	13	9,08	0,56
Reg. Perm.	16,4	sempre	15,7	0,70

10. COMENTÁRIOS FINAIS

Em virtude do exposto anteriormente, alguns comentários podem ser feitos:

- O uso de métodos/programas exigem do seu operador um conhecimento bastante consistente dos mesmos e das condições a que estes se aplicam. Erros na avaliação de propriedades térmicas de materiais, entrada de dados inconsistentes, escolha inadequada de fatores de ponderação podem levar à conclusões totalmente diferentes para um mesmo problema.
- Os perfis de radiação solar bem como das temperaturas externas de projeto devem ser bem definidos e o mais precisos possíveis, pois influenciam em muito no perfil de carga térmica.
- As CLFs no caso do método das CLTD/CLF são fatores que levam em consideração o armazenamento térmico da componente radiante dos ganhos de calor dos ambientes

condicionados. Neste trabalho, para avaliar o efeito destes fatores foi adotado como hipótese que os ambientes deveriam estar condicionados o tempo todo. Isto não é a realidade, porém caso isto não fosse feito, a hipótese indicada pelo método seria de adotar um valor único e unitário para as CLF. Esta hipótese vem do fato do método ter sido desenvolvido nos EUA, país onde as práticas construtivas de alto isolamento térmico das vedações e elevada estanqueidade dos caixilhos, impedem a eliminação dessas componentes radiantes, caso o ambiente não seja continuamente condicionado.

- O método em regime permanente, uma prática ainda muito utilizada nos projetos, normalmente superdimensiona o perfil de carga térmica sensível, tomando como base os valores obtidos pelo método detalhado. Já o uso do método de CLTD/CLF também produz valores maiores que aqueles conseguidos com o método detalhado, porém as diferenças observadas nesta última situação são muito menores que as verificadas na comparação com o método em regime permanente. Isto ocorre principalmente quando a componente de ganho de calor por radiação é elevada, como por exemplo em situações com grandes áreas envidraçadas, como é o caso do ambiente de musculação/aeróbica. Desta forma, todos os equipamentos dimensionados pelo regime permanente tem capacidade muito maior que a necessária.

11. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASHRAE, 1993, Handbook of Fundamentals., ASHRAE, New York.
- Akutsu, M.; Sato, N. M. N.; Pedroso, N. G., 1987, Desempenho Térmico de Edificações Habitacionais e Escolares – Manual de Procedimentos de Avaliação, IPT, São Paulo.
- Birdsall, B. E. et. ali., 1994, DOE-2 BASICS, Lawrence Berkeley Laboratory, Califórnia, EUA.
- Clarke, J. A., 1993, Energy Simulation in Building Design, Adam Hilger Ltd, Glasgow.
- Hernandez, A. N., 1993, Análise de métodos de cálculo de carga térmica através de paredes e tetos, Dissertação de Mestrado, EPUSP, São Paulo.
- Kusuda, T., 1969, Thermal response factors for multilayer structures of various heat conduction systems, ASHRAE Transactions, New York.
- Kusuda, T. NBSLD, 1976, The computer program for heating and cooling loads in buildings. Washington, DC, National Bureau of Standards, (Building Science Series 69).
- Mackey, C.O. & Wright Jr., L. T., 1946, Periodic heat flow - composite walls or roofs, ASHRAE Transactions 52 (1299), New York.
- Pedersen, C. O. et alii , 1993, BLAST 1.0 - Building Load Analysis and System Thermodynamics, University of Illinois, Champaign - Urbana , EUA.

COMPARATIVE ANALYSIS OF COOLING LOADS CALCULATIONS

Abstract. *One of the main stages in an air conditioning system design is the correct cooling load evaluation. An improper determination of these values can produce serious consequences like thermal discomfort, inadequate refrigeration equipment selection and energy consumption increasing. In this paper a discussion of three methods for cooling loads calculations is made: steady state, CLTD/CLF and detailed analysis (performed by BLAST). Several heat sources (internal/external) are considered and its effects on the cooling load profile are evaluated. For each method, several considerations are made concerning a better understanding of the hypothesis adopted by them and its consequences in the calculation of the cooling load profiles.*

Keywords: Air Conditioning, Heat Transfer, Mathematical Model.