

**MERCOFRIO 2014 - 9º CONGRESSO INTERNACIONAL DE
AR CONDICIONADO, REFRIGERAÇÃO, AQUECIMENTO E VENTILAÇÃO**

**AValiação da Predição dos Métodos de Cálculo de Carga Térmica CLTD e Balanço
de Energia para uma Edificação de Pequeno Porte**

Rafael Ângelo Gentilini – rafaelgentilini@gmail.com.br

Nathan Mendes – nathan.mendes@pucpr.br

Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Escola Politécnica, www.pucpr.br

Kátia Cordeiro de Mendonça – kcordeir@univ-lr.fr

Université de La Rochelle, Laboratoire des Sciences de l'Ingénieur pour l'Environnement, www.univ-larochelle.fr

F3 – Cálculos Térmicos e Energéticos

Resumo. *O presente estudo tem como objetivo contribuir para o aprimoramento do processo de etiquetagem de edificações comerciais, sobretudo da parcela referente aos sistemas de condicionamento de ar. Para o cálculo da carga térmica de instalações de pequeno porte, a norma ABNT NBR 16401:2008 indica o emprego do método CLTD – Cooling Load Temperature Difference – que utiliza valores tabelados conforme padrões de clima e construção norte-americanos e, portanto, pode causar distorções quando as aplicações forem no Brasil. Dessa forma, uma primeira ação no sentido de alcançar o objetivo pretendido é avaliar a qualidade da predição desse método em relação ao método do balanço de energia. Um edifício-escritório com apenas uma zona térmica serve de base para a análise comparativa, considerando diferentes zonas climáticas. O método do balanço de energia é representado através do programa de simulação higratérmica e energética de ambientes, DOMUS (MENDES et al., 2003).*

Palavras-chave: *Carga térmica, CLTD, Balanço de energia.*

1. INTRODUÇÃO

Com base no cenário mundial, observa-se que a realidade do consumo de energia elétrica nos países desenvolvidos e em desenvolvimento é crescente, fato que comprova a relação dos índices de crescimento econômico com o aumento do consumo de energia.

O Brasil se insere nesse contexto devido ao crescimento econômico e social que o país vem apresentando nos últimos anos, fato que demandará expressiva quantidade de energia e, com isso, alto grau de segurança e de sustentabilidade energéticas.

De maneira geral, nota-se uma mudança contínua desde 2001, quando grande parte do país viu-se obrigada a fazer racionamento de energia devido à crise de abastecimento. Desde então o governo brasileiro vem desenvolvendo estratégias diferentes para garantir o abastecimento e manter o crescimento da economia.

Em 17 de outubro de 2001 entrou em vigor a lei nacional de eficiência energética (Lei nº 10.295). Esta lei trata, entre outras questões, da promoção de equipamentos e sistemas energéticos mais eficientes, estabelecendo programas de financiamento e redução de impostos para promover investimentos, por parte da indústria e do comércio, em equipamentos mais eficientes; aceleração do desenvolvimento e da difusão de tecnologias de conservação de energia e a promoção de sistema de etiquetagem em equipamentos.

O INMETRO através da portaria nº 372 de 17 de setembro de 2010, estabeleceu a revisão da RTQ-C – Regulação Técnica da Qualidade – para avaliar a eficiência energética do projeto e execução de edifícios públicos e comerciais. A RTQ-C avalia três quesitos básicos do projeto de uma edificação: envoltória, iluminação e condicionamento de ar. Através da aplicação da RTQ-C é possível obter a ENCE – Etiqueta Nacional de Conservação de Energia. O objetivo é diminuir o ganho de calor pela envoltória do edifício e, ao mesmo tempo, aproveitar melhor a iluminação e a ventilação natural, levando a um consumo menor de energia elétrica, além de incentivar o uso da energia solar.

A RTQ-C indica em seu texto a utilização da norma ABNT NBR 16401:2008 – Instalações de ar condicionado – Sistemas Centrais e Unitários – para o dimensionamento da carga térmica e dos sistemas de condicionamento de ar. A norma orienta que o cálculo de carga térmica para sistemas com zona única ou um pequeno número de zonas, pode ser feito através do método CLTD – Cooling Load Temperature Difference – que utiliza tabelas de fatores e coeficientes pré-calculados com base em construções e situações típicas norte-americanas. Este método é uma versão simplificada e adaptada para o cálculo manual, do método TFM – Transfer Function Method. Para os casos de complexidade maior, o cálculo da carga térmica deve ser feito com auxílio de um programa de computador.

O cálculo da carga térmica é um aspecto fundamental para avaliação de diferentes sistemas de condicionamento de ar em edificações. A partir dos resultados obtidos é possível dimensionar a capacidade necessária dos equipamentos para o condicionamento de ar eficiente.

Dessa forma, o objetivo é contribuir para o aprimoramento do processo de etiquetagem de edificações comerciais de pequeno porte, sobretudo da parcela referente aos sistemas de condicionamento de ar.

Para alcançar o objetivo pretendido, avalia-se a qualidade da predição do método CLTD em relação ao método do balanço de energia, mais preciso e normalmente empregado nos programas de simulação térmica e energética de edificações.

2. METODOLOGIA

A metodologia envolve três etapas. Primeiro, são feitas simulações de um edifício-escritório empregando os dois métodos de cálculo de carga térmica, o arquivo climático de Denver e padrões construtivos norte-americanos. Dessa forma, a análise comparativa entre os resultados obtidos a partir das duas metodologias permitirá avaliar o efeito no cálculo da carga térmica da metodologia de cálculo propriamente dita.

Na sequência, as simulações são realizadas empregando o material construtivo real do edifício-escritório, mantendo-se, no entanto, o arquivo climático de Denver. O intuito é, a partir da comparação com os resultados do caso anterior, investigar a influência no cálculo da carga térmica do emprego de materiais construtivos diferentes daqueles para os quais o método CLTD foi desenvolvido.

Por último, a fim de investigar o efeito do clima no cálculo da carga térmica, as simulações com ambas as metodologias são realizadas empregando o material construtivo brasileiro para três arquivos climáticos distintos: Cuiabá, Curitiba e São Paulo.

2.1 Métodos de Cálculo de Carga Térmica

O principal objetivo do cálculo de carga térmica é estimar com a maior precisão possível a quantidade de calor transmitida a uma edificação e suas origens, com o intuito de diminuir o consumo desnecessário de energia, além de permitir o dimensionamento de sistemas de condicionamento de ar eficientes e econômicos.

Para uma melhor compreensão do cálculo de carga térmica, são necessários esclarecer os conceitos de: ganho térmico, carga térmica e calor extraído.

O ganho térmico está relacionado diretamente com a energia transferida para o ambiente ou gerada internamente.

A carga térmica é a parcela de energia que deve ser removida de um ambiente para manter a temperatura e umidade de projeto.

O calor extraído é a porção de energia removida do ambiente através dos condicionadores de ar quando as condições do ambiente são mantidas constantes.

O processo de carga térmica pode ser representado conforme a Fig 1.

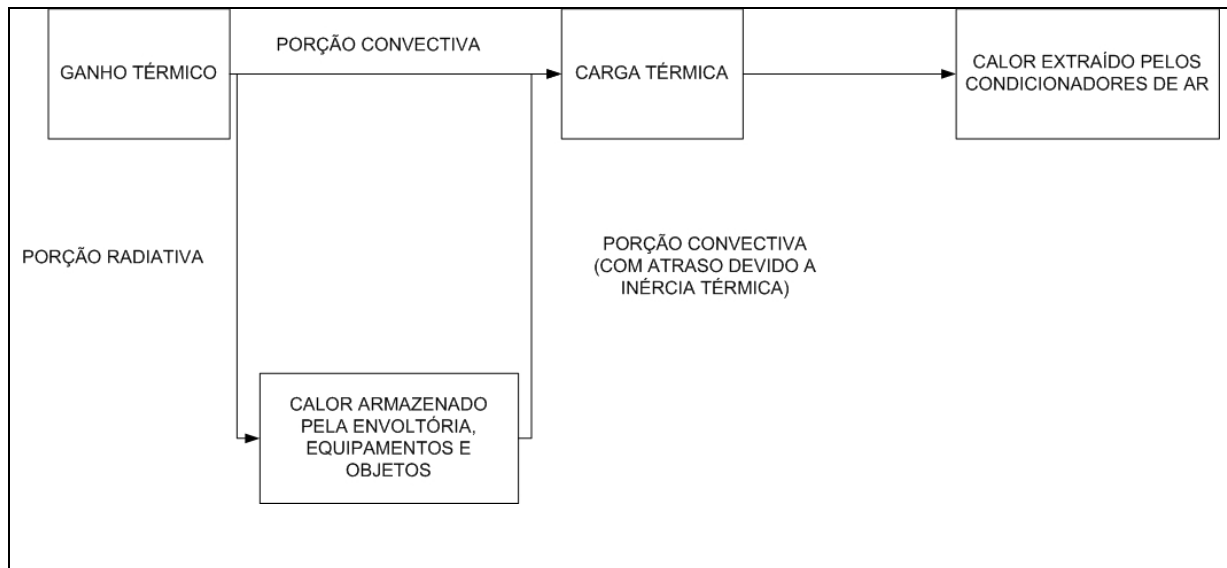


Figura 1 – Carga Térmica. Fonte: Mcquiston et al., 2005.

A partir do conceito de carga térmica, diversos métodos de cálculo foram desenvolvidos para apurar a quantidade de carga em cada caso. Nesse trabalho, utilizam-se os métodos CLTD – *Cooling Load Temperature Difference* e o HBM – *Heat Balance Method*, ou mais conhecido como balanço de energia.

2.2 Método CLTD

O método CLTD foi desenvolvido, através de dados obtidos na aplicação do método TFM – *Transfer Function Method* – a um grupo de materiais construtivos comumente empregados nas edificações americanas para gerar uma série de dados de diferenciais de temperatura para carga térmica (CLTD). Estes dados são valores tabelados para paredes, piso e telhados de acordo com padrões construtivos norte-americanos.

Este método utiliza um procedimento de cálculo manual e direto. Ele considera o ganho de calor por condução através da envoltória submetida à insolação direta como também através das superfícies translúcidas.

O método assume que uma parcela do ganho térmico sensível é convectivo, fato que ocasiona para o ambiente um incremento de carga térmica instantânea, e o restante é radiativo. A parcela do ganho térmico sensível absorvido por radiação fica armazenada por um determinado tempo na estrutura, tornando-se carga térmica a partir do processo de transferência por convecção que ocorre após um atraso de tempo que varia de acordo com os materiais construtivos da edificação ou objetos da zona térmica. Para a envoltória, Kuehn *et al.* (1998) considera que a porção de calor devida à radiação corresponde a 60% dos ganhos térmicos totais, enquanto os 40% restantes são calor transferido por convecção.

Os valores tabelados para os coeficientes CLTD foram calculados com base nos materiais construtivos americanos, dados climáticos para o dia 21 de julho considerando céu claro na cidade de Denver (EUA), que está localizada numa latitude de 40° N.

2.3 Método do Balanço de Energia

O balanço de energia é o método mais detalhado e preciso para a realização do cálculo de carga térmica, no qual a temperatura das superfícies internas da envoltória num dado instante de tempo t é simultaneamente determinada. A Fig 2 apresenta o processo em detalhes.

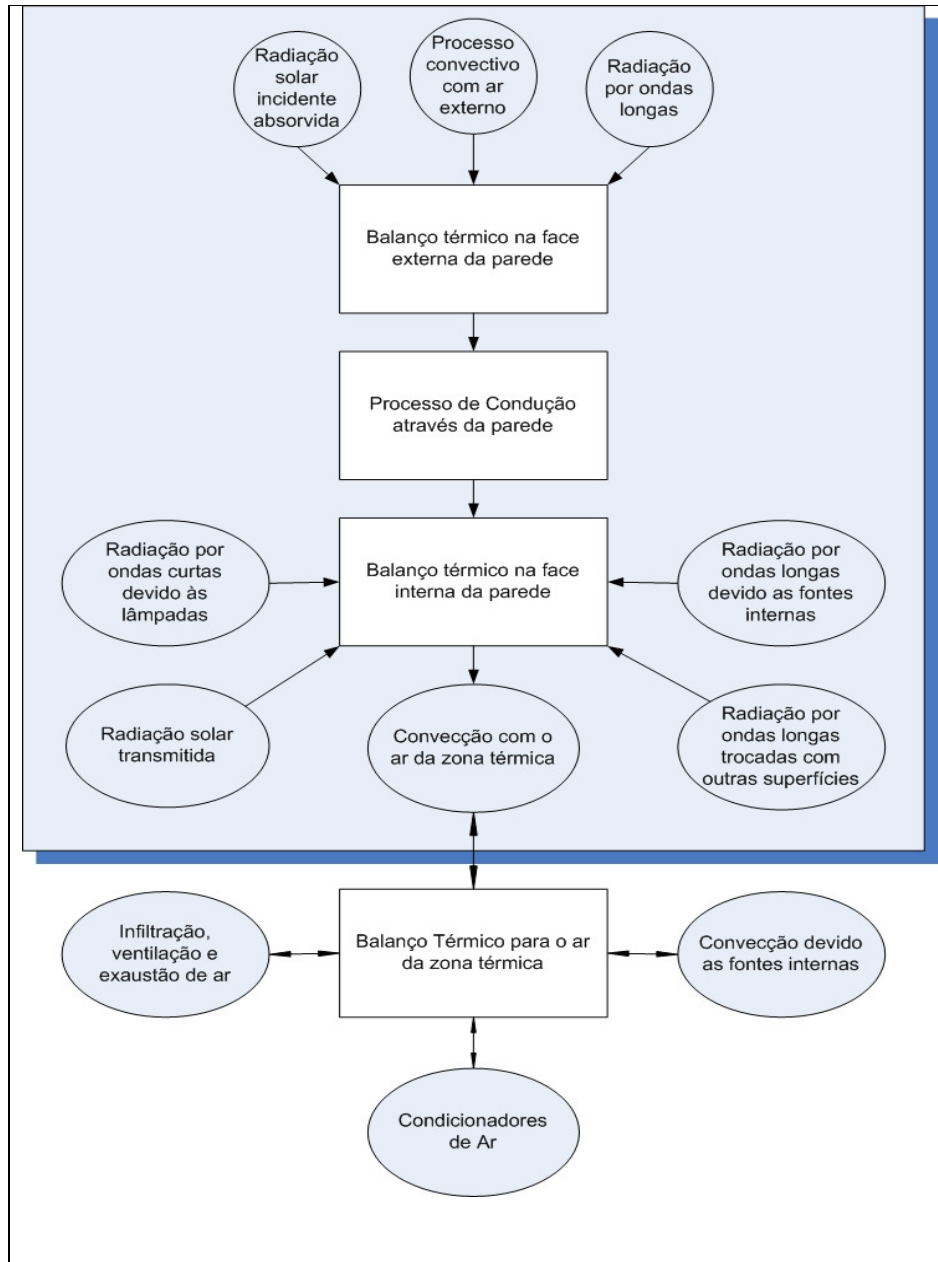


Figura 2 – Balanço de Energia. Fonte: Spitler, 2010.

O modelo matemático do método do balanço de energia pode ser dividido nas equações do balanço térmico sensível das paredes, carga térmica sensível gerada internamente, carga térmica latente gerada internamente e balanço térmico sensível do volume de ar contido no ambiente.

A equação do balanço térmico sensível para a envoltória considera que qualquer superfície externa das paredes de uma zona térmica é suscetível a transferência de calor por condução instantânea através das condições do ambiente externo e paredes adjacentes. As superfícies internas também recebem radiação solar de ondas curtas através das aberturas e por ondas longas através das outras superfícies do interior, onde estão posicionadas as luminárias, equipamentos e ocupantes. A transferência térmica por convecção está presente entre as superfícies internas e o volume de ar contido na sala.

3. ESTUDO DE CASO

A seleção do edifício foi feita pela sua representatividade na categoria de edifício comercial climatizado, de tipologia de escritório, área inferior a 500 m² e a existência de apenas uma zona térmica. A Fig 3 apresenta o lay-out da sala utilizada como estudo de caso.

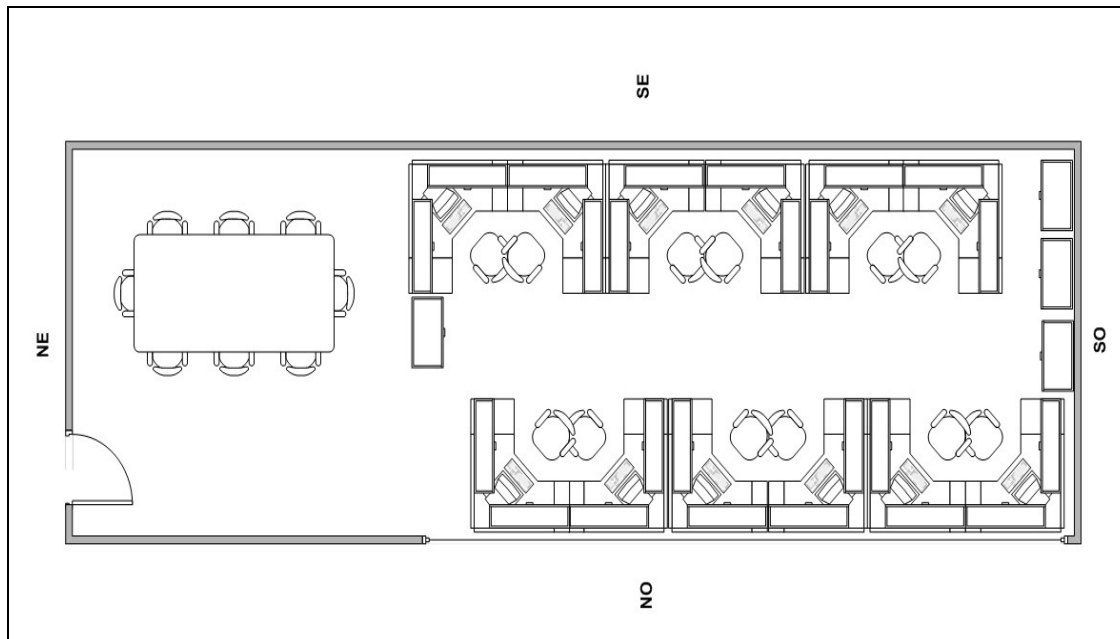


Figura 3 – Estudo de caso

A sala possui uma área equivalente a 50 m² e um pé direito de 2,5 m, a fachada principal da edificação, pintada de branco, está voltada para noroeste. As paredes com orientação sudeste e sudoeste possuem dupla camada de tijolos de 6 furos circulares de 10 cm cada, uma camada intermediária e duas camadas externas de reboco de 3 cm de espessura. As demais (nordeste e noroeste) são compostas apenas por uma camada de tijolos de 6 furos circulares e uma camada de reboco de 3 cm de espessura no lado interno e externo da edificação. Uma janela com vidro comum de 4 mm e área de 10 m² ocupa parte da parede noroeste. Esta janela possui proteção de sombreamento de 0,5 m no lado externo para a parte superior e permanece sempre fechada. Na parede nordeste existe uma porta de compensado de 2,1 m x 0,9 m para circulação de pessoas, a qual permanece a maior parte do tempo fechada.

O teto é composto por um telhado com uma camada de telhas de fibrocimento onduladas de 6 mm de espessura, uma camada de EPS (Poliestireno Expandido) de 25 mm de espessura e uma camada interna de forro PVC de 8 mm. O piso é revestido com carpete (lã de vidro) espessura 6,5 mm, possui uma camada de compensado de madeira com 20 mm de espessura, uma camada de concreto de 50 mm.

Nesse contexto, as paredes que compõem a envoltória são constituídas de materiais tipicamente brasileiros. As características térmicas de cada material foram obtidas através dos fabricantes e tabelas de dados contidas na norma NBR 15220 (ABNT, 2005b). A Tab 1 apresenta os dados para os materiais que compõem a envoltória do edifício escritório.

Tabela 1 – Materiais Construtivos

Material Construtivo	Propriedades material	Massa específica aparente (kg/m³)	Calor específico (kJ/(kg.K))	Condutividade Térmica (W/(m.K))
Alvenaria	Tijolo 6 furos ¹	1300	0,59	0,90
Vidro	Vidro laminado ¹	2700	0,75	1,00
Esquadria	Alumínio ¹	2700	0,88	230,00
Reboco Assentamento	Argamassa comum	2100	0,93	1,15
Concreto	Argamassa e areia ¹	2400	1,00	1,75
Madeira de Lei	Madeira	720	1,25	0,23
Forro Poliuretano PVC	Forro tipo PVC auto extingüível ¹	1200	1,01	0,20
Forro de Isopor	Placa de isopor ²	15	1,42	0,04
Telha de Fibrocimento	Placa fibrocimento ondulada ¹	1400	0,84	0,65

¹ FONTE: NBR 15220 - Desempenho térmico de edificações - Parte 2 - AnexoB (ABNT, 2005b)

² FONTE: Dados do fabricante Placa de Isopor ©

Os valores de transmitância térmica encontrados para as paredes compostas a partir dos materiais construtivos reais e brasileiros, e os materiais americanos obtidos a partir do manual *ASHRAE Fundamentals 1997*, capítulo 28, tabela 32 para a parede de número 3 são mostrados na Tab 2.

Tabela 2 – Transmitância térmica das paredes

Materiais Construtivos Brasileiros				
Parede	Tipo de Parede	Componente Construtivo	Cor	Coefficiente de Transmitância (w/m².K)
Sudeste (SE)	Pesada	Duas camadas de tijolo de 6 furos e reboco	Branca	1,81
Nordeste (NE)	Leve	Tijolo de 6 furos e reboco	Branca	2,29
Noroeste (NO)	Leve	Tijolo de 6 furos e reboco	Branca	2,29
Sudoeste (SO)	Pesada	Duas camadas de tijolo de 6 furos e reboco	Branca	1,81
Teto		Telhas fibrocimento, câmara de ar, placas de isopor e forro PVC	Cinza	0,77
Piso		Concreto, chapas de compensado e carpet	Azul	0,04
Materiais Construtivos Americanos CLTD*				
Parede	Composição	Componente Construtivo	Cor	Coefficiente de Transmitância (w/m².K)
Sudeste (SE)	A0-A1-A2-A1-A2-E0	Duas camadas de tijolo de fachada 100mm e reboco 25mm	Branca	2,46
Nordeste (NE)	A0-A1-A2-E0	Tijolo de fachada 100mm e reboco 25mm	Branca	3,41
Noroeste (NO)	A0-A1-A2-E1	Tijolo de fachada 100mm e reboco 25mm	Branca	3,41
Sudoeste (SO)	A0-A1-A2-A1-A2-E0	Duas camadas de tijolo de fachada 100mm e reboco 25mm	Branca	2,46
Teto		Telhas fibrocimento, câmara de ar, placas de isopor e forro PVC	Cinza	0,77

* Dados das paredes retirados do manual *ASHRAE Fundamentals 1997*, capítulo 28, tabela 32 e parede número 3.

O edifício é ocupado por sete pessoas durante o horário comercial, as atividades iniciam as 08h00min e encerram as 18h00min, de segunda a sexta-feira. Os ocupantes exercem atividade de escritório durante o tempo de permanência na edificação. Para os equipamentos, consideram-se a potência nominal instalada e o período de funcionamento de cada um deles. A potência dissipada pela iluminação da sala é obtida através da soma das potências de lâmpadas e reatores.

A Tab 3 apresenta as cargas internas geradas pela iluminação e equipamentos.

Tabela 3 – Cargas Internas

Equipamento	Quantidade	Potência Instalada Unitária (W)	Potência Instalada Total (W)
Computadores	08 (oito)	275	2200
Impressoras	1 (uma)	292,00	292
TOTAL			2492 W
Iluminação	Quantidade	Potência Instalada unitária (W)	Potência Instalada Total (W)
Lâmpadas	34 (trinta e quatro)	28	952
Reatores	17 (dezessete)	62	1054
TOTAL			2006 W

4. ESTUDO DE CASO

De acordo com a metodologia proposta no início desse trabalho, calcula-se num primeiro momento, os valores de carga térmica para a cidade de Denver nos EUA empregando materiais construtivos americanos, para análise comparativa entre os métodos CLTD e HBM. O objetivo é apresentar as diferenças entre os dois métodos aplicados numa situação semelhante.

4.1 Comparativo entre os métodos CLTD e HBM

Para aplicar o método CLTD são feitas algumas considerações com relação à escolha dos materiais e coeficientes no manual ASHRAE Fundamentals (1997). Um dos critérios utilizado para escolher as paredes e telhados equivalentes, foi à semelhança entre os materiais construtivos aplicados e a resistência térmica aproximada das paredes tabeladas. A transmissão de calor através do piso foi desconsiderada. Os valores de transmitância térmica aplicados nos cálculos foram obtidos a partir da resistência térmica dos materiais americanos que compõe as paredes apresentadas no manual ASHRAE Fundamentals (1997).

Os resultados são apresentados na Fig 4 a seguir.

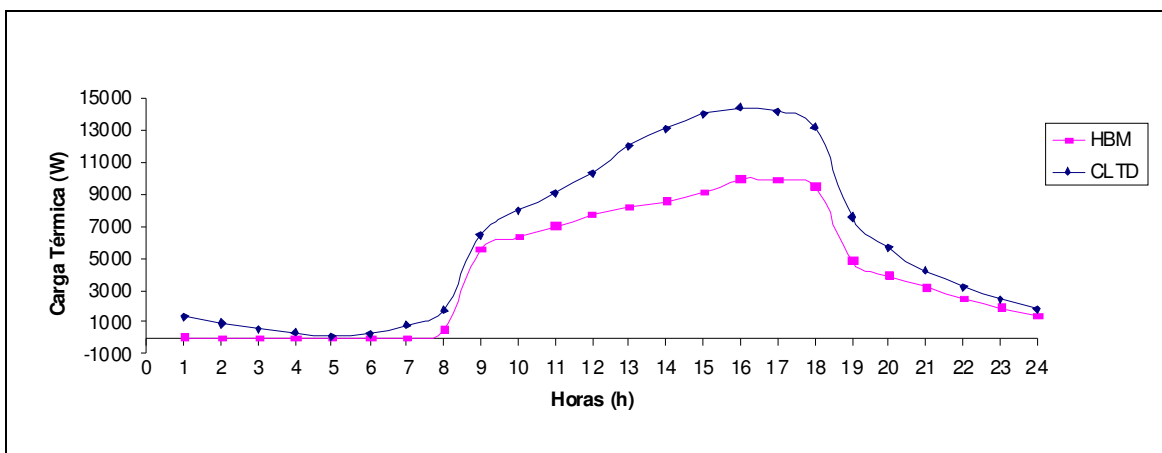


Figura 4 – Comparação entre os métodos CLTD e HBM

Observa-se uma diferença mais crítica durante o horário de ocupação da edificação, que inicia às 08h00min e termina às 18h00min. A diferença média calculada para esse período foi de 29,6%.

Para determinar a origem dessa diferença, avaliam-se separadamente, os comportamentos das cargas internas relativas aos equipamentos, iluminação e pessoas. A Fig 5 apresenta esse comparativo.

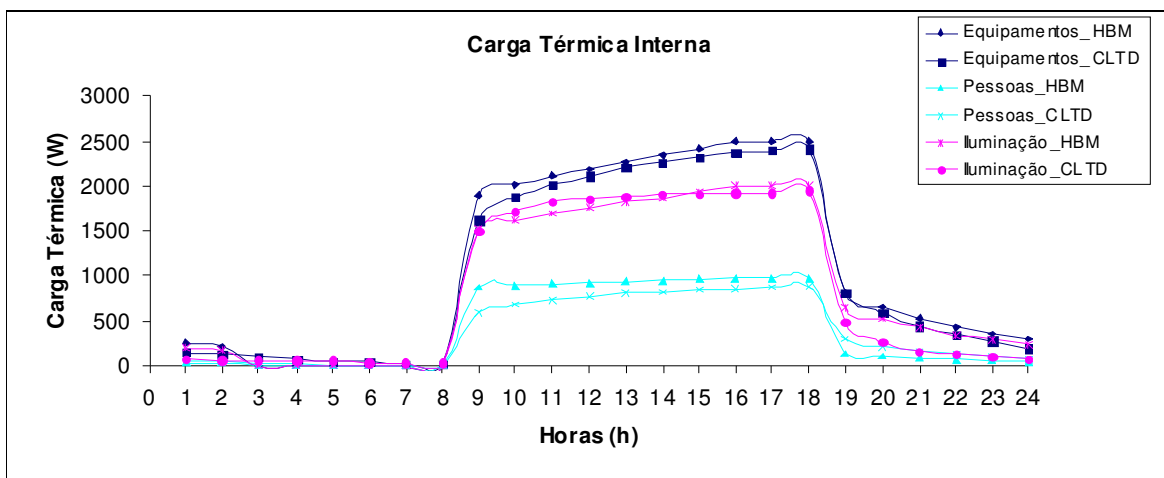


Figura 5 – Comparação entre cargas internas CLTD e HBM

Nota-se um comportamento semelhante entre os comportamentos das cargas térmicas internas. Porém existe uma diferença entre os valores da ordem de 4,6% para equipamentos, 15% para ocupantes e 1,2% para iluminação. Essa di-

ferença é relativa aos valores de CLTD tabelados para cargas internas e os fatores de ponderação da ASHRAE utilizados pelo método do balanço de energia.

O segundo passo é a análise isolada entre os comportamentos para a carga térmica horária relativa à envoltória. A Fig 6 apresenta esses comportamentos.

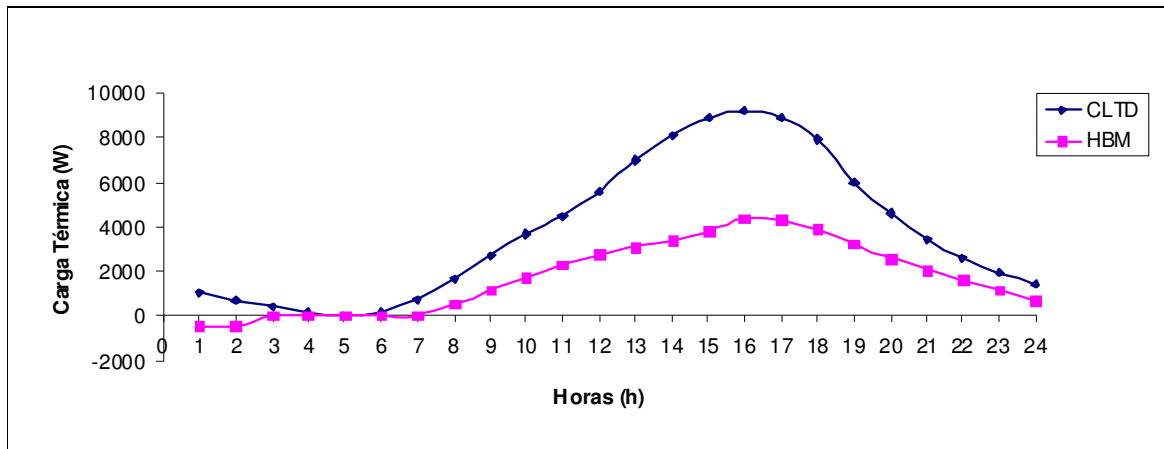


Figura 6 – Comparação entre cargas térmica horária para envoltória

A Fig 6 deixa claro que a origem da diferença de carga térmica calculada através dos métodos CLTD e HBM, são as cargas transferidas pela envoltória da edificação. Observa-se que, para o horário de ocupação do edifício existe uma diferença média entre os valores de carga térmica equivalente a 45,2%.

De forma geral, o método HBM através de sua equação do balanço térmico sensível para a envoltória considera a transferência de calor por condução através das paredes externas, devido condições do ambiente externo e paredes. As superfícies internas também recebem radiação solar de ondas curtas através das aberturas e por ondas longas através das outras superfícies do interior, onde estão posicionadas as luminárias, equipamentos e ocupantes. A transferência térmica por convecção está presente entre as superfícies internas e o volume de ar contido na sala.

Já o método CLTD assume que uma parcela do ganho térmico sensível é convectivo, fato que ocasiona um aumento da carga térmica instantânea para o ambiente, e o restante é radiativo. Para a envoltória, Kuehn et al. (1998) considera que a porção de calor devida à radiação corresponde a 60% dos ganhos térmicos totais, enquanto os 40% restantes são calor transferido por convecção.

Nota-se que o método do balanço de energia é mais preciso, pois considera o balanço de energia nas superfícies internas das paredes, enquanto o método CLTD possui uma proporção fixa para os ganhos térmicos oriundos das parcelas de convecção e radiação.

Por consequência, essa diferença tem um impacto direto no dimensionamento dos condicionadores de ar. Os valores de carga térmica utilizados para dimensionar os equipamentos são os valores de pico, que no caso do CLTD foi 31,3% maior que o valor calculado através do método HBM. Caso seja utilizada a carga térmica de pico encontrada pelo método CLTD ocorrerá um superdimensionamento dos condicionadores de ar, aumentando o consumo de energia elétrica desnecessariamente.

4.2 Influência dos Materiais Construtivos

Um dos aspectos que são avaliados neste trabalho é a influência dos materiais construtivos brasileiros em comparação com materiais de padrão norte americanos utilizados como referência para o cálculo via método CLTD.

A Tab 4 apresenta os materiais brasileiros e americanos empregados na modelagem do edifício para simular a carga térmica através do método do balanço de energia pelo programa Domus (MENDES *et al.*, 2003) com o arquivo climático de Denver.

Tabela 4 – Materiais construtivos brasileiros e americanos: Manual ASHRAE Fundamentals, 1997

Materiais Brasileiros							
Propriedades material	Reboco	Tijolo 6 furos circular (10 cm)	Telha de Fibrocimento	Placa de EPS	Forro de PVC	Concreto	Madeira de Lei
Espessura (mm)	30	100	3	30	10	50	20
Massa Específica (kg/m³)	2100	1300	1400	15	1200	2400	1000
Resistência Térmica (m².K/W)	0,21	0,34	0,17	0,92	0,23	0,20	0,29
Calor Específico (J/(kg.K))	932,0	596,2	840,0	1300,0	1004,0	1000,0	1255,0

Materiais Americanos							
Propriedades material	25mm Stucco	102mm Common Brick	Asphalt Shingles	RSI-1.2 Board Insulation	13mm Gypsum Board	203mm LW Concrete	19mm Wood Board
Espessura (mm)	30	101,6	3,175	25,4	12,7	50	19
Massa Específica (kg/m³)	1858,1	1922,2	1121,3	32	800,9	640,7	544,6
Resistência Térmica (m².K/W)	0,04	0,14	0,08	1,22	0,08	0,87	0,16
Calor Específico (J/(kg.K))	840,0	840,0	1260,0	920,0	1090,0	840,0	1210,0

A Fig 7 apresenta o comportamento da carga térmica horária com ambos os padrões de materiais construtivos empregados.

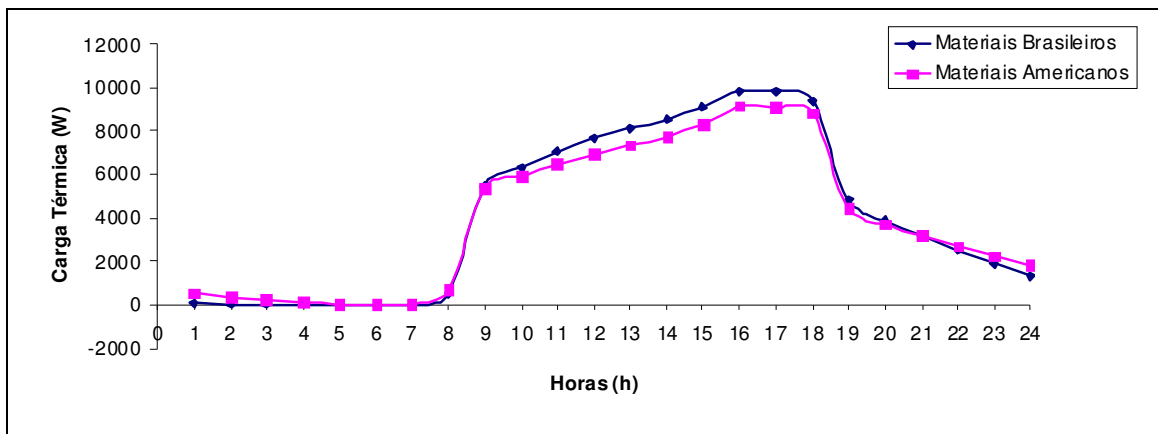


Figura 7 – Comparação carga térmica materiais brasileiros e americanos

Observa-se uma diferença média de 4,8% nos valores de carga térmica obtidos entre os materiais construtivos brasileiros e americanos, no horário crítico de 08h00min até às 18h00min. Essa diferença pode causar o subdimensionamento dos condicionadores de ar, fato ocasiona problemas diretos para a concepção dos projetos de climatização.

4.3 Influência do Clima

Para avaliar a influência do clima nos métodos de cálculo de carga térmica, empregaram-se os métodos HBM e CLTD com os arquivos climáticos de Curitiba, Cuiabá e São Paulo. Para o método HBM, foram utilizados os arquivos climáticos reais das três cidades brasileiras, enquanto que no método CLTD utilizou-se os fatores de tabela corrigidos para cada uma das três cidades. A correção acarreta no aumento ou diminuição dos valores da carga térmica horária de forma escalar a partir dos dados climáticos da cidade de Denver, fato que não acontece com os arquivos climáticos de outras cidades que possuem comportamento característico e dependente de condições naturais.

A Fig 8 apresenta o comportamento da carga térmica horária calculada através do método CLTD e HBM com a influência de diferentes arquivos climáticos.

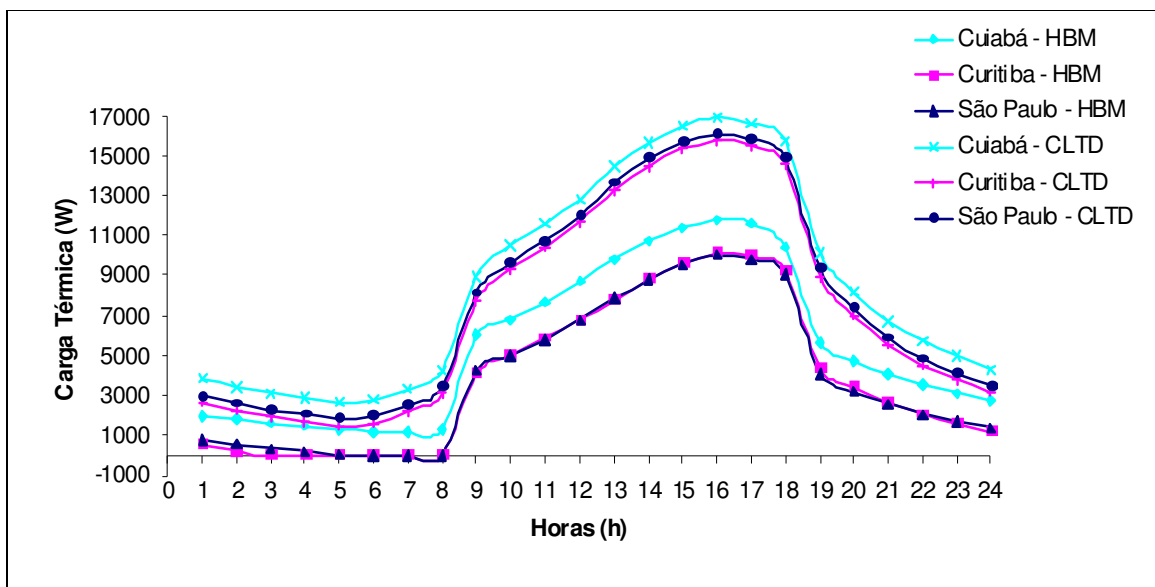


Figura 8 – Influência dos arquivos climáticos

Observa-se que o método CLTD através da correção dos fatores, determina um incremento fixo nos valores de carga térmica partindo da condição inicial que são os valores de CLTD para Denver (sem correções). A diferença percentual no horário crítico (08h00min às 18h00min) foi de 14,2% para Curitiba, 16,7% para São Paulo e 22,5% para Cuiabá.

Avaliando-se os valores de carga térmica obtida através do método HBM para as três cidades brasileiras em comparação com os valores calculados através do método CLTD para o horário crítico (08h00min às 18h00min), nota-se uma diferença média de 46% para Curitiba, 47,4% para São Paulo e 35,7% para Cuiabá.

A partir da metodologia proposta no início deste trabalho, os resultados do comportamento de carga térmica são analisados descontando-se a diferença relativa aos materiais para ambos os métodos. Dessa forma a diferença entre os valores calculados pelo método HBM em comparação com o método CLTD para o horário crítico (08h00min às 18h00min) foi de 41,2% para Curitiba, 42,6% para São Paulo e 30,9% para Cuiabá.

Uma forma de ajustar o método CLTD para aplicação nas cidades brasileiras seria calcular os valores de CLTD tabelados para o clima de cada uma das três cidades escolhidas. Esse ajuste eliminaria o erro relativo à localização geográfica e condições naturais totalmente diferentes. Nesse sentido, Chaiyapinunt et al. (2003) apresentaram as diferenças entre os valores de CLTD tabelados nos manuais da ASHRAE, em relação aos novos valores calculados para a cidade de Bancoc. Os resultados obtidos mostraram uma grande divergência nos valores de carga térmica encontrados para as paredes leste, oeste e para o telhado.

5. CONCLUSÃO

O objetivo desse trabalho foi contribuir para o aprimoramento do processo de etiquetagem de edificações de pequeno porte, sobretudo da parcela referente aos sistemas de condicionamento de ar. A abordagem desse trabalho foi motivada pela necessidade de aprofundar o conhecimento sobre o método de cálculo de carga térmica CLTD (Cooling Load Temperature Difference), desenvolvido inicialmente para atender a demanda dos EUA, e que é indicado pela norma ABNT NBR 16408:2008 para aplicações em edificações de pequeno porte.

Um edifício-escritório de pequeno porte serviu para avaliar a predição do método CLTD (Cooling Load Temperature Difference) de cálculo de carga térmica, o em relação ao método mais preciso de balanço de energia. Esse último aqui representado pelo programa de simulação higrotérmica e energética de ambientes, *DOMUS (MENDES et al., 2003)*

A análise comparativa mostrou que os valores de carga térmica calculados através do método CLTD são por volta de 20% a 30% maiores do que os valores obtidos pelo método do balanço de energia. Essa diferença está relacionada com as incertezas do método CLTD, o qual utiliza materiais construtivos no padrão americano e o arquivo climático da cidade de Denver numa latitude de 40°N. O método do balanço de energia aplicado através de simulação computacional reduziu sensivelmente essas incertezas, uma vez que, foi possível aplicar o arquivo climático original de cada cidade onde ocorreu a simulação e os materiais construtivos aplicados no modelo foram exatamente os mesmos utilizados na edificação do primeiro estudo de caso.

Além disso, a simulação computacional permitiu verificar que existe uma diferença entre os valores de transmitância térmica dos materiais americanos para os mesmos utilizados no Brasil.

Outro aspecto de relevância está relacionado com a norma ABNT NBR 16401:2008 que indica o método CLTD para o cálculo de carga térmica de edificações mais simples. A consequência imediata da utilização do resultado de carga térmica obtido através desse método é o superdimensionamento do sistema de condicionamento de ar, o qual é responsável direto pelo consumo de energia elétrica numa edificação.

Uma alternativa seria o desenvolvimento de uma tabela com os fatores CLTD calculados para o clima e materiais construtivos brasileiros. De fato, um trabalho nesse sentido poderia viabilizar o emprego do método CLTD com mais segurança e precisão nos projetos realizados no Brasil.

6. REFERÊNCIAS

- ABNT. NBR 15220-1: Desempenho térmico de edificações - Parte 1: Definições, símbolos e unidades. Rio de Janeiro, 2005a.
- _____. 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, 2005b.
- _____. NBR 15220-3: Desempenho térmico de edificações – Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Rio de Janeiro, 2005c.
- ABNT. NBR 16.401-1: Instalações de ar condicionado – Sistemas Centrais e Unitários – Parte 1: Projeto das Instalações. Rio de Janeiro, 2008a.
- _____. NBR 16.401-2: Instalações de ar condicionado – Sistemas Centrais e Unitários – Parte 2: Parâmetros de Conforto Térmico. Rio de Janeiro, 2008b.
- _____. NBR 16.401-3: Instalações de ar condicionado – Sistemas Centrais e Unitários – Parte 3: Qualidade do Ar Interior. Rio de Janeiro, 2008c.
- ASHRAE – American Society of Heating and Air Conditioning Engineer. Fundamentals. 1997. ed. Atlanta: ASHRAE, 1997.
- Chaiyapinunt, S.; Sumitra, T.; Mangkornsaksit, K. Assessment matrix for FTI/DOE and TRACE600. Journal of Energy, Heat and Mass Transfer 21, 33-44. 1999
- Kuehn, T. H.; Ransey, J. W.; Threlkeld, J. L. Thermal Environmental Engineering. 3. ed. New Jersey: University of Minnesota, 1998.
- Mcquiston, F. C.; Parker, J. D.; Spitler, J. D. Heating, Ventilating and Air Conditioning – Analysis and Design. 6. ed. Oklahoma: Oklahoma State University, 2005.
- Mendes, N; Oliveira, RCLF; Santos, G.H. DOMUS 2.0: A whole-building hygrothermal simulation program. Proceedings of the 8th International IBPSA Conference, 1: 863-870, Eindhoven, The Netherlands, 2003.
- Rudoy, W., Duran, F. Development of an Improved Cooling Load Calculation Method. ASHRAE Transaction 81(2):19-69. 1975.
- Spitler, J. D. Load Calculation Applications Manual. ASHRAE RP-1326. 2010.

Abstract. *The objective of this study is to contribute with the improvement of the commercial buildings labeling process, moreover of the part concerning the air conditioning systems. Considering that for the calculation of the thermal load of small sized facilities, the ABNT NBR 16401:2008 standard indicates the use of the CLTD (Cooling Load Temperature Difference) method – which uses table values according to climate and construction North American standards and therefore may cause distortions if applied in Brazil. The first action in order to reach the intended goal is the assessment of this method's postulation quality in comparison with the energy balance method. A small offices building, with only one thermal zone, is simulated through a program for hygrothermal and energetic simulation for ambients – DOMUS (MENDES et al., 2003), containing climate files of Curitiba, Cuiabá, São Paulo and Denver, in the United States.*

Key words: Thermal Load. CLTD. Heat Balance.