



ENTAC2006

A CONSTRUÇÃO DO FUTURO | XI Encontro Nacional de Tecnologia no Ambiente Construído | 23 a 25 de agosto | Florianópolis/SC

CLIMA E FORMA URBANA: MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DO EFEITO DAS CONDIÇÕES CLIMÁTICAS LOCAIS NOS GRAUS DE CONFORTO TÉRMICO E NO CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA EM EDIFICAÇÕES

L. LIMA (1); E. KRÜGER (2)

(1) Arquiteta, Mestre pelo Programa de Pós-Graduação em Tecnologia (PPGTE)– Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) – e-mail: lucimeirepl@hotmail.com

(2) Prof. PPGTE, UTFPR – e-mail: kruger@ppgte.cefetpr.br

RESUMO

As cidades alteram profundamente o ambiente natural. A presença das edificações, a cobertura do solo, a emissão de gases e de calor, tudo isso modifica o clima urbano. Como consequência, o gasto energético com o condicionamento artificial de edifícios está diretamente associado ao clima local. O objetivo do estudo é analisar a relação entre a forma urbana e o consumo de energia em climatização artificial de edificações, de modo que essas apresentem níveis de conforto. Na pesquisa, foram utilizados 3 métodos que relacionaram a forma urbana às temperaturas em diferentes localidades da cidade de Curitiba e, como consequência, ao consumo de energia elétrica para climatização artificial de edificações. O primeiro recorreu ao uso de cálculos de consumo a partir de previsões horárias da temperatura interna em 1 moradia padrão popular, monitorada em estudo anterior, supondo sua disposição nos diferentes bairros da cidade. O segundo empregou o método de equações preditivas, estimando temperaturas internas para a mesma habitação e o consumo em condicionamento térmico resultante, considerando níveis de conforto. E o terceiro manipulou o *software* de simulação computacional COMFIE para extrair curvas de temperatura interna, avaliando o consumo resultante. Nas conclusões, apresentam-se algumas considerações sobre os métodos empregados.

Palavras-chave: clima urbano, métodos de previsão de temperatura e consumo de energia, simulação computacional, climatologia urbana.

SUMMARY

Cities can deeply modify the natural environment. Buildings, removal of natural soil, emissions and heat generation create what is defined as urban climate. Consequently, energy consumption for air-conditioning is directly related to local climate. The purpose of this study is to analyze the effect of urban form on energy consumption for air-conditioning in buildings, in order to ensure indoor comfort conditions. The method considers consumption calculations for a single-storied low-cost house, monitored in a previous study, assuming its location at different sites of Curitiba – 25°25'04" S, 49°14'30" W, elevation 917m. Calculations were threefold: 1) from hourly predictions of the indoor temperature; 2) daily indoor temperature predictions; 3) thermal simulations with a design tool.

Keywords: urban climate, predictive methods of indoor temperature and energy consumption, computer simulation, urban climatology.

1 INTRODUÇÃO

Os impactos ambientais em várias grandes cidades do mundo vêm sendo agravados pelo seu intenso crescimento, muitas vezes desordenado. No Brasil, a população urbana excede os 80% do total, sendo que mais da metade habita as regiões metropolitanas.

O aumento das cidades confere um caráter diferenciado à baixa troposfera, produzindo condições atmosféricas diferentes das áreas circundantes. Estas alterações produzem um clima específico, denominado clima urbano (DANNI, 1987).

O entendimento do clima urbano possibilita o desencadeamento de processos de economia de energia elétrica, pois pode contribuir para a construção de situações urbanas mais adequadas ao clima local. Além disso, Goldemberg (2003) em uma análise abrangente sobre as fontes de poluição, relata que suas principais formas são: produção de eletricidade; transporte; indústria; construções e desmatamento.

Neste sentido, foram empregados 3 métodos para avaliação do consumo de energia em edificações. Todos eles utilizaram o conjunto de dados de temperaturas externas medidas em 6 localidades de Curitiba (ROSSI, 2004) e os dados do sistema construtivo Kürten, monitorado por Dumke (2002).

2 MATERIAIS E MÉTODOS

O período de medição das temperaturas externas foi de 20 de junho a 18 de julho do ano de 2002 e as medições de temperatura na moradia foram feitas de 9 de julho a 3 de agosto de 2000.

Estas foram feitas através de sensores do tipo HOBO-TEMP e HOBO-RH-TEMP (*Data Loggers* da *Onset Computer Corporation*). No sistema construtivo, estes foram instalados a uma altura de 2,20m do piso, num ponto central da moradia. Realizaram-se também medições de temperatura externa, através de sensores instalados sob o beiral de uma habitação, na fachada sudeste.

O sistema construtivo Kürten possui uma área de 50m², as paredes são feitas de madeira industrializada, com espessura de 2,2 cm, transmitância 3,31W/m²°C e área de ventilação total de 5,6m². A transmitância da cobertura, de telhas cerâmicas sobre forro de madeira com ático não-ventilado, considerando uma situação de perda de calor é de 2,80W/m²°C.

As medições de temperatura (tabela 1) das 6 localidades em estudo foram feitas a 10m do solo, na fachada externa dos Faróis do Saber (construção padrão, presente em vários locais da cidade), sempre na fachada Sul. A tabela 2 mostra as altitudes de cada localidade e as respectivas características de uso do solo para uma área compreendida dentro de um raio de 125m em torno de cada ponto monitorado.

Tabela 1 - Temperaturas medidas em °C

Localidades	Média das máximas	Média das mínimas	Amplitude diária	média Máxima absoluta	Mínima absoluta
Bairro Alto	24,3	8,4	15.9	34,9	1,1
São Lourenço	22,2	8,9	13.3	30,3	3,4
Cajuru	19,2	8,3	10.9	26,0	1,2
Fazendinha	21,6	8,3	13.3	28,8	1,3
Sta Felicidade	23,1	8,2	14.8	30,9	1,4
Portão	23,3	9,0	14.3	30,1	2,4

Tabela 2 - Características das localidades monitoradas em 2002

Localidades	Alt. (m)	% área construída	% área verde	% área paviment.	% área livre
Bairro Alto	930	19,4	2,70	40,58	30,70
São Lourenço	993	13,2	17,49	26,88	42,43
Cajuru	923	24,51	0	24,17	51,32
Fazendinha	923	25,76	6,49	43,33	24,42
Sta Felicidade	992	13,24	0	47,15	39,61
Portão	932	22,23	11,10	31,2	35,47

Para cada um dos métodos de cálculo de consumo apresentados, tomou-se o sistema Kürten como referência, para se analisar o impacto das diversas condições climáticas dentro da cidade de Curitiba, resultantes de diversos padrões de uso do solo. A partir dos conjuntos de dados, de clima urbano e de temperaturas internas de tipologias construtivas, procurou-se relacionar a forma urbana ao consumo de energia em determinada localidade. A intenção foi submeter a moradia Kürten, da qual já se tinha informações quanto ao seu comportamento térmico, a diferentes micro-climas, estimando as temperaturas internas nessas novas condições. A partir das temperaturas estimadas, o próximo passo foi o cálculo da quantidade de energia necessária para a climatização do ambiente.

No método denominado “Fator de Variação da Temperatura Interna” foi utilizado o procedimento de cálculo proposto por Szokolay (1987) e descrito por Dornelles e Roriz (2003), que apresenta os efeitos da inércia térmica dos materiais sobre o desempenho térmico e a eficiência energética em edificações. Neste método, trabalhou-se com dias representativos para cada uma das 6 localidades de Curitiba, ou seja, aqueles dias que apresentaram condições climáticas mais estáveis.

No método denominado “Equações Preditivas” utilizou-se as equações geradas por Fernandes (2005) para o sistema construtivo Kürten. A partir dessas, pôde-se calcular os graus-dia para aquecimento ou resfriamento no interior dos sistemas construtivos e os graus de conforto nesses mesmos sistemas construtivos. Os cálculos de consumo de energia tomaram como base as temperaturas mínimas, médias e máximas diárias do período considerado. Trabalhou-se então, com um conjunto de 29 valores, um por dia, para cada categoria de temperatura analisada.

Por fim, realizou-se estimativas de temperaturas horárias, através de simulação das condições internas utilizando o *software* COMFIE. Na simulação com o *software* COMFIE foram utilizados os dados horários de 7 dias consecutivos, de 10 a 16 de julho de 2002, totalizando um conjunto de 168 valores de temperatura.

3 MÉTODO DO FATOR DE VARIAÇÃO DA TEMPERATURA INTERNA

Este método utiliza o “Fator de Variação da Temperatura Interna”, que possibilita o cálculo da temperatura interna apenas com valores de temperatura externa.

O primeiro passo deste estudo foi o cálculo dos dias médios das temperaturas externas para as 6 localidades. O mesmo procedimento foi adotado para calcular os dias médios para o sistema construtivo em estudo, tanto para as temperaturas externas, quanto para as temperaturas internas. Neste caso, escolheu-se dias estáveis, em que se verificava um padrão semelhante da evolução diária das temperaturas.

A partir do método proposto por Dornelles e Roriz (2003), é possível obter uma relação entre as temperaturas internas e externas, que expressa o grau de amortecimento dos materiais constituintes dos edifícios, chamado “Fator de Variação da Temperatura Interna”. Com este fator é possível estimar as

temperaturas internas para condições climáticas diferentes das originais. As equações 1 e 2 foram utilizadas neste procedimento.

$$\mathbf{FTIh = (TIh - TEmin) / Aext} \quad \mathbf{[Eq.1]}$$

$$\mathbf{TICH = TEmin' + FTIh \times Aext'} \quad \mathbf{[Eq.2]}$$

Onde:

FTIh = Fator de variação da Temperatura Interna na hora “h” (adimensional)

TIh = Temperatura interna na hora “h” (°C)

TEmin = Temperatura mínima externa diária (°C)

Aext = Amplitude média diária externa = TEmax - TEmin (°C)

TICH = Temperatura interna calculada (hora “h”) (°C)

TEmin' = Temperatura mínima externa diária do clima novo (°C)

Aext' = Amplitude média diária externa do clima novo (°C)

Com a estimativa das temperaturas no sistema construtivo para as diferentes localidades, pôde-se avaliar a quantidade de energia necessária para a obtenção de conforto. A faixa de temperaturas confortáveis considerada foi entre 18°C e 27°C (GOULART et al., 1998). A partir destes limites, somaram-se as temperaturas horárias que ficaram aquém e além desses valores, no dia médio considerado, obtendo os somatórios de graus-hora para aquecimento e resfriamento, respectivamente. Também foi calculada a taxa global de trocas térmicas para as edificações do sistema construtivo, constituída pela soma das trocas por condução e por convecção.

A taxa de trocas térmicas por condução é igual a soma dos produtos entre a transmitância térmica de cada parte da envoltória da edificação (paredes, janelas, coberturas etc.) multiplicada pelas áreas das mesmas. Foram utilizadas as transmitâncias equivalentes para as paredes, levando em consideração suas diferentes partes constituintes. Para a transmitância da cobertura, foram utilizados os cálculos para a situação de inverno, considerando uma situação de perda de calor.

A taxa de trocas térmicas por convecção foi calculada considerando um regime de ventilação por ação dos ventos, com a média de velocidade de ventos de 2,9 m/s incidindo na fachada leste para o mês de julho, conforme referência de Goulart *et al.* (1998). Para simplificação, considerou-se a ventilação por uma única abertura e a área interna sem divisões, adotando o valor total das aberturas para esta abertura hipotética. Este cálculo é descrito por Allard (1998) e utiliza-se do método detalhado pela *British Standards*.

A velocidade do vento foi corrigida em função do ângulo de incidência do vento na fachada leste e pelas reduções na velocidade devido às características de rugosidade do terreno (cidade).

Por fim, somou-se as trocas térmicas por condução e por convecção e obteve-se a taxa global de trocas térmicas, que multiplicada pelos somatórios dos graus-hora (GH) representa a energia de refrigeração ou de aquecimento necessária para se obter conforto nos ambientes estudados (SZOKOLAY, 1987), como mostra a equação 3.

$$\mathbf{E_{ref \text{ ou } aquec} = q \cdot GH \text{ (Wh/dia)}} \quad \mathbf{[Eq.3]}$$

Onde:

E_{ref ou aquec} = energia de refrigeração ou aquecimento para obtenção de conforto (Wh/dia)

q = taxa global de trocas térmicas (W/°C)

GH = graus-hora (°Ch/dia)

Desta equação, obtém-se a energia necessária para satisfazer o conforto térmico no sistema construtivo, para cada uma das 6 localidades e também os graus-hora para aquecimento ou resfriamento.

A partir dos somatórios de graus-hora calculados para cada localidade, multiplicados pela taxa global de trocas térmicas (q=461,77 W/°C) do sistema construtivo, chegou-se aos valores de energia para

aquecimento em Wh/dia, que divididos por sua área, geraram os valores da energia para aquecimento e resfriamento em Wh/m²dia, mostrados na tabela 3 e na figura 1.

Tabela 3 - Energia de resfriamento e aquecimento

Localidades	Resfriamento (Wh/m ² dia)	Aquecimento (Wh/m ² dia)
Bairro Alto	237,74	39,80
São Lourenço	44,78	1,66
Cajuru	0	237,44
Fazendinha	2,04	167,44
Sta Felicidade	64,73	58,74
Portão	83,61	65,85

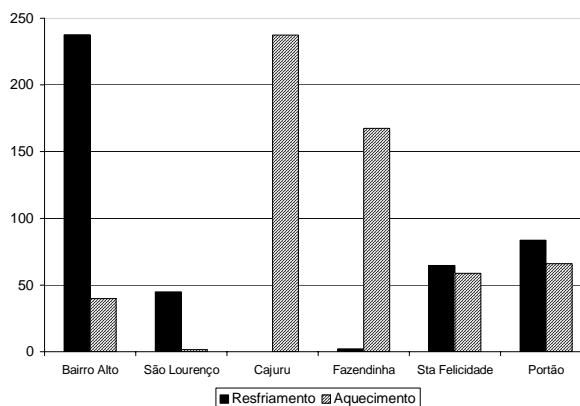


Figura 1 - Energia aquecimento e resfriamento (Wh/m²dia)

4 MÉTODO DAS EQUAÇÕES PREDITIVAS

Um método simples de reproduzir o comportamento térmico de edificações padronizadas em outras condições climáticas é a partir da utilização de equações preditivas. Equações preditivas foram inicialmente propostas por Givoni (1998), que demonstrou sua utilidade na previsão de temperaturas internas de ambientes não habitados a partir de medições das temperaturas externas a estes. O desenvolvimento das equações foi feito a partir de intensas medições, ao longo de 2 anos, em duas habitações de 25 m² situadas em Pala, no Sul da Califórnia. O resultado desta pesquisa foi a demonstração da possibilidade de prever as temperaturas internas máximas e médias de habitações, apenas a partir da temperatura média externa (GIVONI, 1998).

Neste artigo, utilizaram-se as equações preditivas (obtidas por análise de regressão múltipla) geradas por Fernandes (2005) para o sistema construtivo Kürten. De posse das equações, calcularam-se as temperaturas internas que seriam encontradas neste sistema construtivo se estivesse submetido às temperaturas externas nas 6 localidades de Curitiba. Os erros relativos (ER) entre a temperatura predita e a temperatura medida e os coeficientes de determinação (R²), são apresentados na tabela 4.

Tabela 4 - Os erros relativos (ER) e coeficientes de determinação (R^2) entre a temperatura predita e medida

	R^2	ER
Ti min	0,99	0,15
Ti med	0,95	0,18
Ti max	0,87	0,26

O coeficiente de determinação (R^2) é o quadrado do coeficiente de correlação (R), na estatística é entendido como o quociente da variação explicada pela variação total. Se a variação total for totalmente explicada, o quociente será igual a um; se a variação total for totalmente não explicada, o quociente será igual a zero. Portanto, os quocientes dos três sistemas construtivos anteriores, próximos a um, possuem correlações satisfatórias. O erro relativo deve ser o mais próximo possível de 0, tendo sido admitidos valores próximos de 0,20. Da equação 4, obteve-se as temperaturas médias nas localidades.

$$T_{imed} = 3,802 + 0,931 G T_{emed} + 0,781 (T_{emed} - G T_{emed})$$

Onde:

T_{imed} : temperatura interna média diária

$G T_{emed}$: média das temperaturas externas médias no período considerado

T_{emed} : temperatura externa média diária

Após o cálculo das temperaturas internas médias, calculou-se os somatórios de graus-dia, considerando o intervalo de temperaturas entre 18°C e 27°C adotado anteriormente. Obtiveram-se resultados somente para os somatórios de graus-dia para aquecimento, somando-se as diferenças de temperaturas inferiores a 18°C, calculadas para cada localidade.

Tabela 5 – Graus-dia para resfriamento e aquecimento

Localidades	Resfriamento	Aquecimento
Bairro Alto	0	13,18
São Lourenço	0	17,14
Cajuru	0	21,07
Fazendinha	0	16,91
Sta Felicidade	0	16,51
Portão	0	14,19

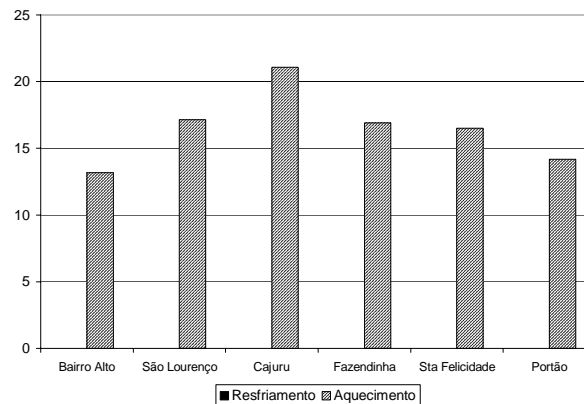


Figura 2 - Graus-dia para resfriamento e aquecimento

5 SIMULAÇÃO COM O PROGRAMA COMFIE

O comportamento térmico de uma edificação pode ser caracterizado através de *software*, ou seja, de cálculos utilizando a interface do computador. Esta última análise utilizou o *software* COMFIE (*Calcul d'Ouvrages Multizones Fixe à une Interface Expert*) que é uma ferramenta de simulação simplificada, para a análise térmica de um projeto. O programa COMFIE utiliza uma estrutura de dados orientada ao objeto e um suporte teórico sobre análise modal desenvolvido no Centro de Energia da Escola de Minas de Paris.

Uma característica importante do programa é poder efetuar o cálculo multizona, onde vários ambientes (zonas) da edificação podem ser simulados ao mesmo tempo. O COMFIE é capaz de calcular perdas de calor, ganho solar, curva de temperaturas e carga térmica anual. O programa admite como dados de entrada as sombras distantes e as sombras integradas à edificação, dispositivos para sombreamentos, sombras vegetais, equipamentos que geram calor internamente, termostatos e pontes térmicas. O projeto pode ser alterado nas suas características globais, na composição das paredes e nas zonas seja nas porcentagens de ocupação, no volume, a fonte de ar, o mobiliário, nas paredes, na localização do termostato, na inserção de equipamentos para resfriamento e aquecimento ou na ventilação.

Utilizou-se a versão 3.3 do *software* COMFIE, simulando o comportamento térmico do sistema construtivo Kürten o mesmo dos outros 2 métodos, considerando as mesmas 6 localidades. Os dados de temperatura horárias, para 7 dias consecutivos, foram inseridos no programa através de um arquivo climático das temperaturas horárias para dados de uma semana. O formato de um arquivo climático no programa COMFIE aparece na tabela 6.

Tabela 6 - Formato e unidades para um arquivo climático

POSICÃO	DADOS E UNIDADE	FORMATO
1	1.1.1 Identificação	3a
2	Temperatura de bulbo seco (0,1°C)	4i
3	Radiação global horizontal (J/cm ²)	4i
4	Radiação difusa do céu (J/cm ²)	4i
5	Radiação direta normal (J/cm ²)	4i
6	Duração do brilho solar (minutos)	4i
7	Umidade relativa (%)	3i
8	Velocidade do vento (0.1m/s)	3i
9	Mês	2i
10	Dia	2i
11	Hora (1-24)	2i

Os dados da coluna de formatação possuem os seguintes significados:

3a: 3 letras

4i: número inteiro de 4 algarismos

3i: número inteiro de 3 algarismos

2i: número inteiro de 2 algarismos

A inserção de dados climáticos no programa foi feita através da conversão de um arquivo Excel em um arquivo climático do *software* COMFIE.

A simulação se deu através da inserção das seguintes características construtivas do sistema Kürten: orientação de todas as fachadas, definição dos materiais das paredes (espessura - cm, condutividade térmica W/m.K, densidade - kg/m³ e calor específico Wh/kg.K), as características das superfícies (absortância e emissividade, em porcentagem). Também foram inseridos: a taxa de ventilação externa máxima em m³/h, os ganhos internos de calor em W, o número máximo de ocupantes da edificação em cada período, a taxa de ventilação interna máxima. A simulação considerou todas essas características construtivas do sistema construtivo Kürten e as temperaturas externas horárias para uma semana, em cada uma das 6 localidades utilizadas nos métodos anteriores.

Similarmente ao segundo método, avaliou-se a quantidade de energia necessária para a obtenção de conforto, porém considerando-se a faixa de temperaturas entre 18°C e 24°C.

Tabela 7 - Graus-hora para resfriamento e aquecimento

Localidades	Resfriamento	Aquecimento
Bairro Alto	18,95	90,31
São Lourenço	0,52	103,02
Cajuru	0	125,10
Fazendinha	1,84	106,80
Sta Felicidade	3,32	107,40
Portão	1,73	91,76

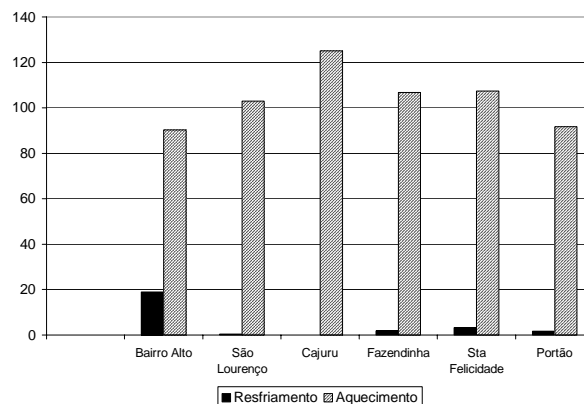


Figura 3 - Graus-hora para resfriamento e aquecimento

6 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Neste artigo, foram apresentados 3 métodos para avaliação do consumo de energia em uma edificação a partir de dados climáticos coletados em diferentes localidades em Curitiba. Para o método do FTIh, foram encontrados os somatórios de graus-hora para o dia médio calculado a partir de um período estável, 28, 29 e 30 de junho (necessário para se fazer o cálculo do FTIh). Para o método das Equações Preditivas, foram calculados os somatórios de graus-dia, tendo sido utilizadas médias diárias de todo o período de 20 de junho a 18 de julho, pois as equações preditivas se utilizam de temperaturas médias. Com o COMFIE, foram calculados os somatórios de graus-hora, porém para um período de uma semana. Mesmo havendo discrepâncias quanto aos períodos de análises e particularidades de cada método, observou-se que o padrão de consumo da edificação se mantém para as localidades analisadas, ou seja, a localidade Cajuru apresenta em todos os casos um maior consumo em climatização para aquecimento e a localidade Bairro Alto o inverso (necessitando até mesmo alguma complementação com resfriamento artificial, verificada no primeiro método), com as demais regiões apresentando alguma variação de acordo com o método de análise.

O método do “Fator de Variação das Temperaturas Internas” é bastante prático para ser utilizado para identificar a adequação de edificações padronizadas em diferentes climas. Todos os cálculos podem ser realizados utilizando-se o Excel, o que facilita sua aplicação, pois este é um *software* bastante conhecido e utilizado. A possibilidade de geração de dados horários também é significativa, pois, desta forma, produzem-se análises mais minuciosas dos graus de conforto térmico interno às edificações. O fator complicador de análises utilizando o “Fator de Variação da Temperatura Interna” é a necessidade de se calcular a taxa de trocas térmicas globais para o sistema construtivo em estudo. Para este cálculo são necessários vários dados a respeito das características dos materiais empregados e de características construtivas das edificações estudadas. Contudo, este cálculo é feito somente uma vez para cada sistema construtivo. De posse do “Fator de Variação da Temperatura Interna” e da temperatura externa mínima e da amplitude térmica do local analisado, é possível obter as temperaturas internas do sistema construtivo em estudo, se fosse implantado nesse local.

No método das “Equações Preditivas”, destaca-se a utilidade da avaliação de sistemas construtivos padronizados, em relação à obtenção de conforto térmico, em diferentes climas. Apesar de os cálculos serem mais complexos do que no método anterior, pois é necessário testar as variáveis explicativas até obter a melhor equação, este método dispensa os cálculos das taxas de troca de calor e do levantamento das características construtivas das habitações. Também é necessário destacar que este método fornece as médias das temperaturas, fornecendo uma avaliação de conforto menos precisa que a possibilitada por dados horários.

No método de simulação com o *software* COMFIE, foram utilizados dados horários, obtendo-se resultados bastante confiáveis. Contudo, neste método, assim como no “Fator de Variação da Temperatura Interna” são necessários tanto os dados de temperatura externa, quanto as características dos sistemas construtivos a serem avaliados. Além disso, o uso do *software* exige, por si só, determinado período de treinamento, que pode ser relativamente extenso em função de sua complexidade.

7 REFERÊNCIAS

ALLARD, F. **Natural ventilation in buildings: a design handbook**. London: James & James (Science Publishers) Ltd, 1998.

DANNI, I. M. **Aspectos temporo-espaciais da temperatura e da umidade relativa de Porto Alegre-RS em janeiro de 1982**: uma contribuição ao estudo do clima urbano. São Paulo: 129f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Departamento de Geografia, FFLCH/USP, 1987.

DORNELLES, K. e RORIZ, M. Inércia térmica, conforto e consumo de energia em edificações na cidade de São Carlos, SP. **Anais... ENCAC, COTEDI 2003**, Curitiba, PA – Brasil

DUMKE, E. M. S. **Avaliação do Desempenho Térmico de Sistemas Construtivos da Vila Tecnológica de Curitiba como Subsídio para o Estudo de Tecnologias Apropriadas em Habitação de Interesse Social**. 2002. 210 f. Dissertação de Mestrado em Programa de Pós-Graduação em Tecnologia do Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná.

FERNANDES, L. C. **Utilização de Equações Preditivas para Estimativa da Temperatura Interna de Edificações de Interesse Social**. 2005. 187 f. Dissertação de Mestrado em Programa de Pós-Graduação em Tecnologia do Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná.

GIVONI, B. **Climate considerations in building and urban design**. Nova Iorque: ITP, 1997.

GOLDEMBERG, J.; VILLANUEVA, L. D. **Energia, Meio Ambiente e Desenvolvimento**. 2. ed. rev. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2003.

GOULART, S. V. G.; LAMBERTS, R.; FIRMINO, S. **Dados climáticos para projetos e avaliação energética de edificações para 14 cidades brasileiras**. 2. ed. Florianópolis: Núcleo de Pesquisa em Construção/ UFSC, 1998.

ROSSI, F. A. **Análise da influência da ocupação do solo na variação da temperatura em diferentes localidades da cidade de Curitiba**, Curitiba, 2004. 166f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia) - PPGTE, CEFET-PR.

SZOKOLAY, S.V. **Thermal Design of Buildings**. Austrália: editora Canberra, 1987.