



6 a 8 de outubro de 2010 - Canela RS

**ENTAC 2010**

XIII Encontro Nacional de Tecnologia  
do Ambiente Construído

## **ANÁLISE DO CONFORTO TÉRMICO DO PROJETO-PADRÃO R1-A DA NORMA BRASILEIRA NBR 12721 PARA A CIDADE DE CURITIBA**

**Helena Fernanda Graf (1); Sergio Fernando Tavares (2); Aloísio Leoni Schmid (3)**

(1) Universidade Federal do Paraná. Programa de Pós Graduação em Construção Civil. Depto. de Construção Civil - Centro Politécnico – UFPR. Curitiba, Brasil. E-mail: helenafernanda@terra.com.br

(2) Universidade Federal do Paraná. Programa de Pós Graduação em Construção Civil. Depto. de Construção Civil - Centro Politécnico – UFPR. Curitiba, Brasil. E-mail: sergioft22@yahoo.com.br

(3) Universidade Federal do Paraná. Programa de Pós Graduação em Construção Civil. Depto. de Construção Civil - Centro Politécnico – UFPR. Curitiba, Brasil. E-mail: iso@ufpr.br

### **RESUMO**

Curitiba é a sétima cidade mais populosa do Brasil, tendo 1,83 milhões de habitantes e tem características climáticas incomuns se comparada ao restante do país. As taxas de umidade são elevadas ao longo do ano e as temperaturas ficam entre 5 ° C no inverno e 30 ° C no verão. No entanto, as técnicas de construção são praticamente as mesmas que no resto do país, predominantemente de clima quente. A Norma Brasileira NBR 12721 (Critérios para avaliação de custos de construção para incorporação imobiliária e outras disposições para condomínios edilícios) é a base para a determinação dos custos para as edificações por metro quadrado (custo unitário básico – CUB) e, para viabilizar estes cálculos, estabelece projetos-padrão de casas brasileiras baseados na prática atual do mercado imobiliário. Essa padronização dos projetos pela Norma NBR 12721 (2006) sugere que em todo o país há uma igualdade no modo de construção que desconsidera o clima e as particularidades regionais de cada local, sendo usados os mesmos projetos-padrão para o cálculo do custo unitário básico em todo o país. Partindo dessa premissa, este artigo faz uma análise através de simulação computacional das condições térmicas do projeto-padrão brasileiro R1-A para a cidade de Curitiba, o qual não atende às condições de conforto térmico para a cidade. A pesquisa apresenta uma discussão sobre a necessidade de projetos regionalizados considerando as características climáticas locais.

Palavras-chave: Conforto térmico; NBR 12721; Curitiba.

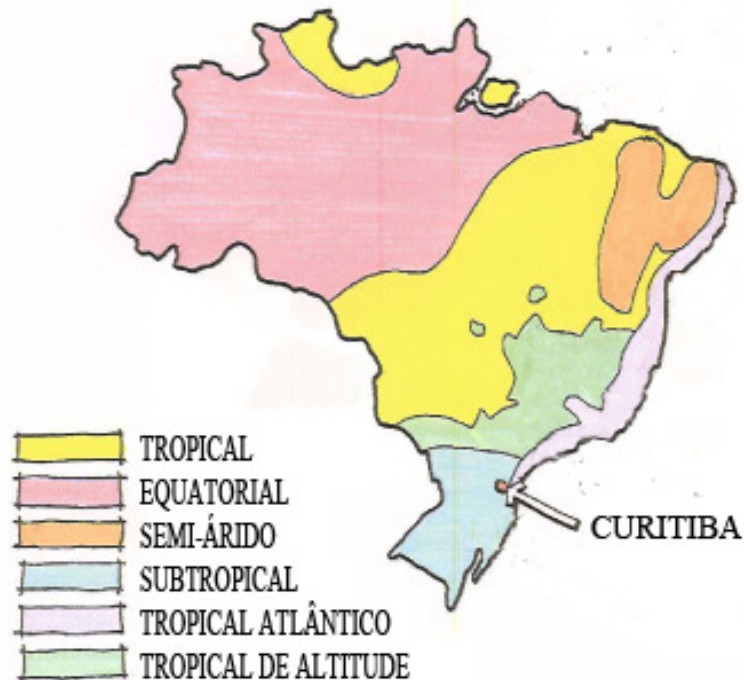
## 1 INTRODUÇÃO

O setor residencial abrange 23% da energia consumida no Brasil por edificações e estas correspondem a 42% de toda a energia consumida no país (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 2004), evidenciando que para a redução do consumo energético se faz necessário tornar as edificações mais eficientes, atendendo ao correto desenvolvimento dos projetos arquitetônicos e de suas especificações. Estas deverão estar de acordo com as condições climáticas do local onde serão implantadas, a começar pelo correto desenvolvimento do projeto considerando a orientação solar, materiais e espessura das paredes e superfícies do invólucro da edificação.

O isolamento térmico do invólucro da edificação é a principal forma de controle térmico, sendo que na maioria dos países existem requisitos regulamentados para o isolamento das edificações, os quais estimulam um valor máximo para a transmitância térmica das superfícies do invólucro (SZOKOLAY, 2008). Apesar disso, as edificações curitubanas existentes são normalmente feitas de paredes externas de alvenaria de blocos cerâmicos, laje no piso térreo e telhados inclinados ou lajes planas de concreto, assim como janelas feitas com vidros simples e esquadrias não adequadas para o controle de ventilação. Esta situação não está de acordo com o clima superúmido e temperado (IBGE, 1997) de Curitiba, sendo que a escolha dos materiais do invólucro da edificação pelas suas propriedades físicas poderia ajudar a melhorar as condições térmicas principalmente no inverno, responsável pela maior parte das horas de desconforto ambiental (GOULART; LAMBERTS; FIRMINO, 1998). Partindo dessas informações, este artigo faz uso de simulação em computador usando o programa MESTRE (2006), um sistema nacional em linguagem java para simulação do desempenho térmico de edificações em múltiplas zonas e regime transiente. O sistema tem as características de trabalhar com a geometria real dos edifícios, considerando cada parede ou laje como nó de temperatura, e realizando aproximação numérica da trajetória da radiação solar. Foi desenvolvido na UFPR e apresentado por Schmid (2001). O programa é usado para analisar as condições climáticas da edificação escolhida sem climatização artificial, com o intuito de demonstrar a inviabilidade de padrões de edificações comuns em toda a extensão territorial do Brasil, os quais desconsideram a regionalização dos projetos.

### 1.1 Situação climática do Brasil

O Brasil é um país que tem uma grande área territorial, 8.514.876,599 km<sup>2</sup> (IBGE, 2010) e devido a sua extensão apresenta vários climas ao longo de seu território (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 2004). Tem clima predominantemente quente, com regiões de clima equatorial, tropical, semi-árido, tropical atlântico, tropical de altitude, e uma pequena parcela de clima subtropical (Figura 1).



**Figura 1** - Regiões climáticas do Brasil. Adaptado de (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 2004)

Dentro da pequena área de clima subtropical que existe no sul do Brasil, existem cidades com diferentes relevos e características próprias como altitude, que determinam climas específicos.

## **1.2 Situação climática de Curitiba**

Diferente do resto do país, de clima predominantemente quente, e localizada na pequena porção subtropical do Brasil, Curitiba é uma cidade de relevante interesse para estudo climático por ser a capital do estado do Paraná e a sétima cidade mais populosa do Brasil, com 1,828,092 habitantes (IPPUC, 2008), e por apresentar características climáticas incomuns no país, clima superúmido e temperado (IBGE, 1997).

A proporção de horas do ano de conforto em Curitiba é de 20,9% para 80,1% de desconforto. E deste desconforto, 73,1% é causado por frio, sendo a cidade mais fria analisada pela bibliografia (GOULART; LAMBERTS; FIRMINO, 1998).

Para a cidade de Curitiba, são recomendadas estratégias bioclimáticas como o uso de massa térmica aproveitando ao máximo o calor do sol, aquecimento solar, aquecimento artificial (necessário em 11,7% das horas do ano) – o qual deverá ser combinado com o isolamento adequado do envelope da edificação. Quanto ao desconforto por calor (5,1% das horas do ano), a ventilação é proposta como estratégia suficiente (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 2004). Constata-se que o modelo analisado a seguir não considera a necessidade de isolamento adequado do envelope das edificações em Curitiba. Aliás, como é um modelo utilizado para todo o país, desconsidera diferenças climáticas de um modo geral.

## **2 ESCOLHA DO MODELO (ESTUDO DE CASO)**

A Norma Brasileira NBR 12721 (Critérios para avaliação de custos de construção para incorporação imobiliária e outras disposições para condomínios edilícios), a qual determina os custos para as edificações por metro quadrado (custo unitário básico – CUB) (NBR 12721, 2006), estabelece projetos padrões de casas brasileiras baseados nos padrões arquitetônicos praticados atualmente no mercado imobiliário que são usados como base para o cálculo do CUB regional pelos Sindicatos da Indústria da Construção Civil. (NBR 12721, 2006).

Os projetos-padrão são projetos selecionados para representar os diferentes tipos de edificações existentes definidos por suas características principais: mínimo de pavimentos, número de dependências por unidades, áreas equivalentes à área de custo padrão privativas das unidades autônomas, padrão de acabamento da construção, e número total de unidades (NBR 12721, 2006).

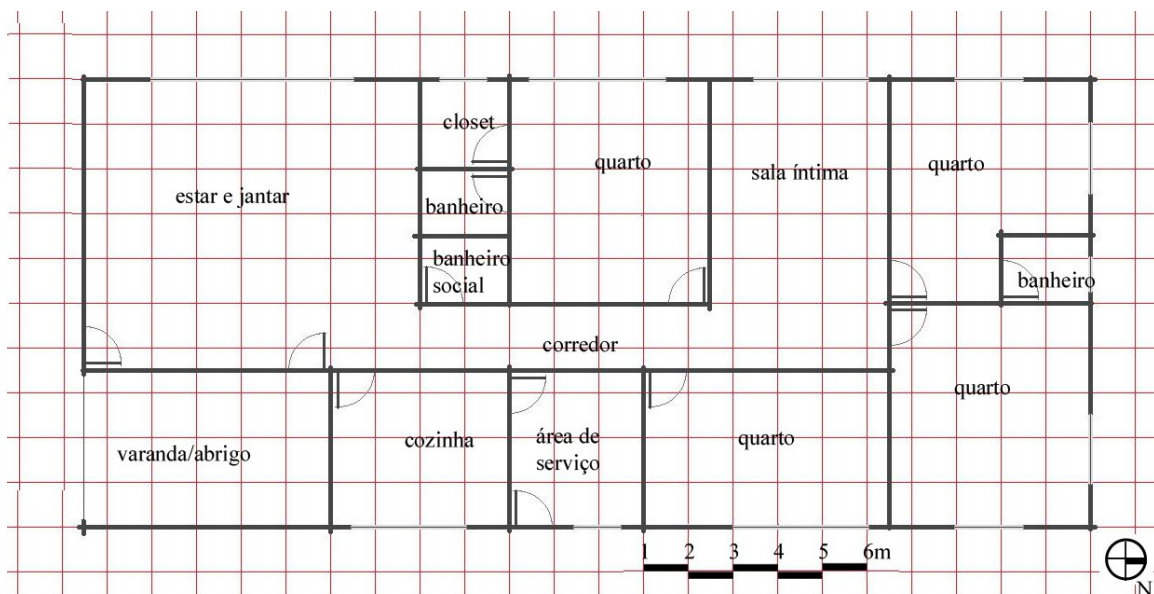
A norma determina que os custos sejam levantados pelos sindicatos usando os projetos-padrão selecionados (NBR 12721, 2006) e, a partir desta determinação, entende-se que em todo o país há uma padronização no modo de construção que desconsidera o clima e as particularidades regionais de cada local, uma vez que esses padrões foram definidos a partir do mercado imobiliário.

Desta forma, foi escolhido para representar a edificação residencial curitibana neste artigo, em caráter de amostragem, o projeto-padrão residencial “Residência Padrão Alto (R1-A)” (NBR 12721, 2006) para desenvolvimento e estudo.

### **2.1 Descrição do projeto escolhido**

O projeto abrange quatro dormitórios - sendo um suíte com banheiro e closet, outro com banheiro -, banheiro social, sala de estar, sala de jantar e sala íntima, circulação, cozinha, área de serviço completa e varanda (abrigo para automóvel). A residência tem área real de 224,82 m<sup>2</sup> (NBR 12721, 2006).

A partir das características principais e especificações de acabamentos conforme o projeto-padrão da Norma NBR 12721 (2006) foi realizado um desenho representativo da edificação (Figura 2) para serem feitos os estudos.



**Figura 2** - Projeto da edificação padrão R1-A (modelo de estudo)

A norma NBR 12721 (2006) especifica para o modelo escolhido os materiais utilizados em acabamentos e elementos construtivos (Tabela 1).

**Tabela 1** - Especificações de materiais do projeto-padrão R1-A (NBR 12721, 2006)

Elemento construtivo	Composição de materiais
Paredes	Alvenarias de tijolo cerâmico de 8 furos (9 x 19 x 19 cm), assentado com argamassa mista de cimento: cal; areia no traço 1:2:8, na espessura de 9 cm (meia-vez); chapisco com argamassa forte de cimento de areia sob todo revestimento de parede interna e externa; azulejos (placas cerâmicas de parede) assentados por argamassa de cimento-colante sobre fundo (emboço) previamente executado; argamassas de emboço e massa única (reboco paulista) moldadas na própria obra, com utilização de cimento, cal hidratada e areia média.
Estrutura	Baldrame de concreto armado sob toda alvenaria em contato com o solo; aço CA-50A/CA-60B, cortado e dobrado no próprio canteiro, amarrado com arame recozido nº 18; faces laterais de baldramas impermeabilizados por pintura de base betuminosa; concreto de resistência fck = 20 MPa, brita 1 e 2, slump ± 6 cm, pré-usinado.
Cobertura	Cobertura em telhas de fibrocimento onduladas 6 mm, assentadas com os acessórios de fixação / vedação indicados pelo fabricante, sobre madeiramento feito na obra, utilizando madeira de 2ª (para telhados).
Lajes de piso	Pisos frios (terraços, banheiros, cozinhas e áreas de serviço) impermeabilizados por hidro-asfalto; lajes expostas (térreo) impermeabilizadas pelo sistema emulsão adesiva + emulsão impermeabilizante + tinta impermeável acrílica + véu de poliéster; Pisos de granito e cerâmicos assentados com pasta de cimento-colante sobre prévio contra-piso executado em massa forte de cimento e areia; Pisos de pedras decorativas assentados diretamente por argamassa de cimento e areia.
Lajes de forro	Lajes protegidas (calhas e lajes de cobertura) impermeabilizadas pelo sistema emulsão adesiva + emulsão impermeabilizante + manta impermeabilizante + véu de poliéster.
Esquadrias	Vidros e folhas de esquadrias de alumínio; batentes e contramarcos de alumínio; esquadrias de ferro.
Portas	Porta de madeira maciça lisa encerada com batente e guarnição de madeira para cera.

### 3 MODELO E SIMULAÇÃO

#### 3.1 Construção do modelo

Partindo das especificações da norma NBR 12721 (2006), que determina os materiais e características do projeto-padrão R1-A e do projeto arquitetônico representativo desenvolvido, foi construído o modelo computacional do projeto e, a partir desse modelo, foi feita a simulação das temperaturas internas da edificação por zonas.

As zonas determinadas para o modelo (Figura 3,) são: zonas 0 e 1, ar externo e solo, respectivamente, pré-estabelecidas pelo programa; zona 2 – estar e jantar; zona 3 – varanda/abrigo; zona 4 – closet; zona 5 – banheiro; zona 6 – banheiro social; zona 7 – corredor; zona 8 – cozinha; zona 9 – quarto; zona 10 – área de serviço; zona 11 – sala íntima; zona 12 – quarto; zona 13 – quarto; zona 14 – banheiro; zona 15 – quarto; zona 16 – cobertura (área abaixo do telhado).

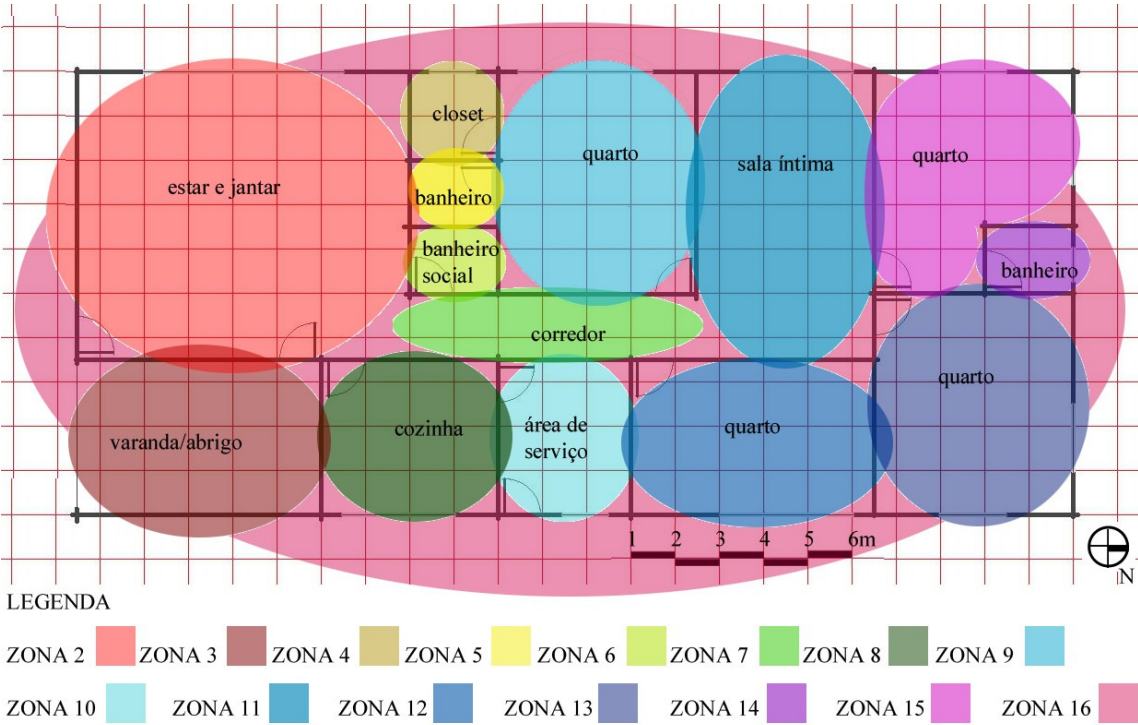


Figura 3 - Zonas térmicas da edificação

O modelo foi construído utilizando dados que alimentam o programa MESTRE (2006). Os materiais do invólucro são definidos por suas propriedades físicas (condutividade térmica, calor específico, massa específica) relacionadas ao desempenho térmico desses materiais (Tabela 2).

Tabela 2 - Propriedades físicas e espessura dos materiais do modelo

Material	Condutividade térmica (W/m°C)	Calor específico (J/kg°C)	Massa específica (kg/m³)	Espessura (m)
Parede de alvenaria	0.80	944	1720	0.13
Laje	1.57	1004	2280	0.13
Concreto armado	1.57	1004	2280	0.13
Telhas fibrocimento	0.65	1600	2000	0.01
Vidro	1.00	840	2500	0.00
Porta de madeira	0.15	1424	500	0.04

Além da modelagem dos elementos geométricos da residência, as zonas são compostas por informações referentes à capacidade térmica dos espaços, onde foram incluídos elementos que fazem parte da edificação para fins térmicos como móveis e equipamentos (Tabela 3).

**Tabela 3** - Capacidade térmica por zona do modelo

Zona	Descrição	Elementos considerados	Capacidade térmica (J/°C)
Zona 2	estar e jantar	sofá 3 lugares, sofá 2 lugares, (2x) poltrona, mesa central, (2x) mesa lateral, estante, (6x) cadeira, mesa grande, aparador	493120
Zona 3	varanda/abrigo	-	0
Zona 4	closet	(2x) armário 3 portas, (2x) pufe, roupa	368220
Zona 5	banheiro	armário rodízio bwc, armário superior bwc, bacia, cuba	41194
Zona 6	banheiro social	armário rodízio bwc, armário superior bwc, bacia, cuba	41194
Zona 7	corredor	Aparador	33500
Zona 8	cozinha	(4x) cadeira, mesa pequena, (6x) módulo superior 1m cozinha, (6x) módulo inferior 80cm cozinha, bancada com cuba cozinha, fogão, geladeira, microondas	580700
Zona 9	quarto	poltrona, mesa pequena, cama casal, colchão casal, (2x) criado-mudo, cômoda, pufe	346550
Zona 10	área de serviço	(6x) módulo superior 1m cozinha, (6x) módulo inferior 80cm cozinha, lavadora roupas, tanque	483690
Zona 11	sala íntima	sofá 3 lugares, sofá 2 lugares, (2x) poltrona, mesa central, (2x) mesa lateral, estante, televisão	356140
Zona 12	quarto	poltrona, armário 3 portas, cama solteiro, colchão solteiro, criado-mudo, cômoda, pufe	354010
Zona 13	quarto	poltrona, armário 3 portas, (2x) cama solteiro, (2x) colchão solteiro, (2x) criado-mudo, cômoda, pufe	441360
Zona 14	banheiro	armário rodízio bwc, armário superior bwc, bacia, cuba	41194
Zona 15	quarto	poltrona, armário 3 portas, cama casal, colchão casal, (2x) criado-mudo, cômoda, pufe	467150
Zona 16	cobertura	caixa d água	4307000

Também foi considerada, para o cálculo pelo programa, a geração interna de calor por pessoas, equipamentos e iluminação, não incluindo aqui a energia intencionalmente despendida na climatização (Tabela 4).

**Tabela 4** - Geração espontânea de calor do modelo

Zona	Descrição	Fontes consideradas	Geração interna de calor por período (W)			
			0h – 6h	6h – 12h	12h - 18h	18h – 24h
Zona 2	estar e jantar	iluminação, pessoas	0	0	0	850
Zona 3	varanda/abrigo	iluminação, pessoas	0	0	0	100
Zona 4	closet	iluminação, pessoas	0	245	245	245
Zona 5	banheiro	iluminação, pessoas, chuveiro	0	4245	0	4245
Zona 6	banheiro social	iluminação, pessoas, chuveiro	0	4245	0	4245
Zona 7	corredor	iluminação, pessoas	0	0	0	100
Zona 8	cozinha	iluminação, pessoas, microondas, geladeira, fogão	200	1505	375	2675
Zona 9	quarto	iluminação, pessoas	80	130	0	180
Zona 10	área de serviço	iluminação, pessoas, lavadora	0	0	675	0
Zona 11	sala íntima	iluminação, pessoas, televisão, computador	0	250	140	810
Zona 12	quarto	iluminação, pessoas	80	130	0	180
Zona 13	quarto	iluminação, pessoas	80	130	0	180
Zona 14	banheiro	iluminação, pessoas, chuveiro	0	245	0	4245
Zona 15	quarto	iluminação, pessoas	80	130	0	180
Zona 16	cobertura	-	-	-	-	-

A taxa de ventilação, outro parâmetro considerado pelo MESTRE, foi mantida em 0,01m³/s para todas as zonas. Partindo dessas informações, a residência pôde ser modelada, simulada e analisada.

### 3.2 Simulação do modelo

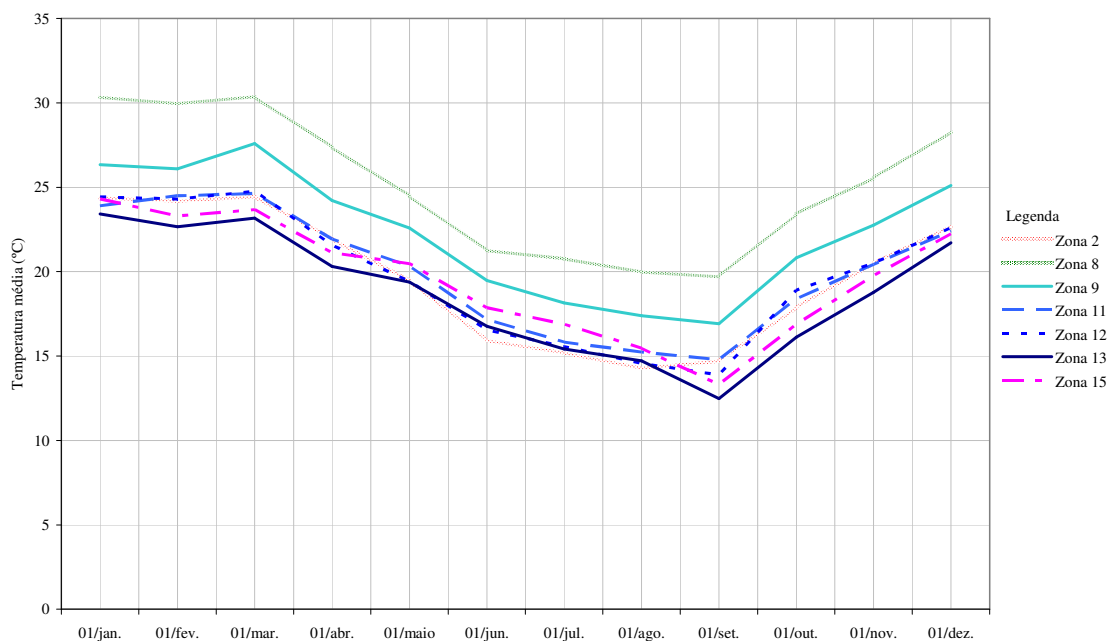
As simulações foram feitas para todos os meses do ano, considerando o primeiro dia de cada mês como critério de amostragem, resultando em 12 simulações. Dessas simulações foram analisados os dados de temperatura média diária e picos de temperatura (mínimo e máximo) como critério para avaliar o desempenho térmico do projeto-padrão.

As condições térmicas analisadas compreendem apenas as zonas constantemente habitadas (zona 2 – estar e jantar, zona 8 – cozinha, zona 9 – quarto, zona 11 – sala íntima, zona 12 – quarto, zona 13 – quarto, zona 15 – quarto), excluindo banheiros, garagem e demais dependências de usos esporádicos no decorrer do dia. Não foi incluída a geração de calor de climatização (aquecimento e resfriamento).

Foi considerada como faixa de temperatura de conforto a faixa entre 18 e 29°C (GIVONI, 1992 citado por LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 2004) como critério de comparação.

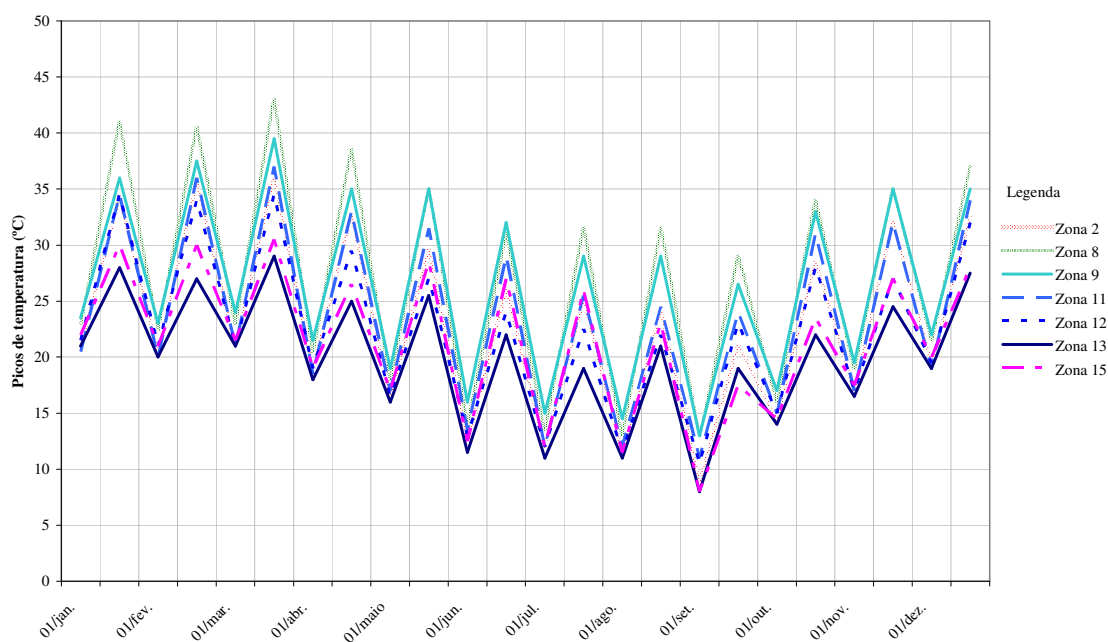
## 4 RESULTADOS – CONDIÇÕES TÉRMICAS NAS ZONAS ANALISADAS

Considerando a média das temperaturas atingidas durante todo o dia (24 horas), dos dias estudados, por zona, foram obtidos os resultados seguintes (Gráfico 1). As temperaturas médias oscilam entre 12,5 °C e 30,5°C. São verificados alguns pontos extremos (de temperatura média diária) de frio nas zonas que constituem os quartos e sala íntima.



**Gráfico 1 - Temperaturas médias da edificação ao longo do ano**

Porém, os pontos problemáticos ainda não se encontravam no gráfico acima, onde as médias foram feitas a partir das temperaturas hora a hora do dia, as quais fazem parte temperaturas dentro e fora da faixa confortável. Das temperaturas fora da faixa, foram extraídos os extremos (picos de frio e calor) para montar o gráfico abaixo (Gráfico 2), onde são verificadas grandes oscilações durante o dia. Todas estas temperaturas que deram origem aos dois gráficos estão disponíveis para consulta e podem ser solicitadas aos autores.



**Gráfico 2 - Picos de temperatura ao longo do ano**



O levantamento das temperaturas máximas e mínimas representa as condições extremas alcançadas nas zonas nos dias estudados. Essas temperaturas apresentam diferenças extremas de 10°C abaixo e 14°C acima da temperatura mínima de conforto térmico, com temperaturas de 8°C e 43°C, respectivamente. As temperaturas apresentadas na simulação energética expõem o desconforto térmico para as zonas da edificação modelada, atingindo temperaturas abaixo e acima da faixa de conforto térmico dentro dos ambientes da edificação.

## 5 CONCLUSÃO

Partindo das temperaturas de conforto usadas como referencial, pôde ser verificado que a edificação não atende às condições térmicas mínimas necessárias sem o auxílio de climatização artificial, atingindo extremos térmicos fora da faixa de temperatura confortável, não sendo recomendado o uso das mesmas tipologias em todas as cidades brasileiras. Esse problema pode ser agravado pelo uso de materiais com propriedades físicas não apropriadas para o invólucro da edificação em determinada situação climática, facilitando ou dificultando as trocas de calor entre o ambiente interno e o ambiente externo em desacordo com as necessidades do projeto. Deve ser verificado em trabalhos semelhantes em outras cidades se o uso dos mesmos projetos-padrão definidos pela Norma NBR 12721 (2006), e mesmas tecnologias construtivas para todo o país, atendem às necessidades térmicas de uma edificação, como neste estudo que usou como exemplo de amostragem a edificação projeto-padrão brasileiro R1-A para a cidade de Curitiba. Ao desconsiderar o clima e as particularidades regionais de cada local, as edificações atingem comportamentos térmicos extremos fora da faixa de conforto. Desta forma, seria necessária a climatização para a correção térmica dos ambientes, aumentando o consumo de energia. Este é um argumento pela existência de projetos regionalizados.

A norma NBR 12721 (2006) permite que os Sindicatos da Construção Civil acrescentem novos projetos ou novos memoriais descritivos adequados a sua realidade regional (NBR 12721, 2006). Assim sendo, poderiam ser revistos os projetos-padrão usualmente construídos no Brasil. Não cabe a este artigo questionar o modo como é calculado o CUB, seja ele nacional ou regional, mas sugerir que o mercado imobiliário se atente ao modo de construir nas diversas cidades do país, regionalizando as construções para atenderem às necessidades climáticas locais. Essas alterações englobarão as técnicas construtivas em função das diferenças entre as regiões climáticas do país, assim como a adaptação ao modo de projetar e conceber a forma volumétrica da edificação, aos usos de materiais, espessuras e composição dos fechamentos do invólucro tornando a construção e o modo de construção compatível com a regionalidade climática local.

## 6 REFERÊNCIAS

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 12721: Avaliação de custos unitários e preparo de orçamento de construção para incorporação de edifícios em condomínio**. Rio de Janeiro. 2006.

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Projeto 135.07-001 - Desempenho térmico de edificações**. Rio de Janeiro, 2003.

FROTA, Anésia Barros; SCHIFFER, Sueli Ramos. **Manual de conforto térmico**. 3ªed. São Paulo: Studio Nobel, 1999.

GOULART, Solange; LAMBERTS, Roberto; FIRMINO, Samanta. **Dados climáticos para projeto e avaliação energética de edificações para 14 cidades brasileiras**. 2. ed. Florianópolis: Núcleo de Pesquisa em Construção/UFSC, 1998.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Área Territorial Oficial**. Acessado em 26 de janeiro de 2010. Disponível em <[http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/cartografia/default\\_territ\\_area.shtm](http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/cartografia/default_territ_area.shtm)>.

IPPUC - Instituto de pesquisa e planejamento urbano de Curitiba. **Curitiba em dados 2008**. Acessado em 26 janeiro 2010. Disponível em <[http://ippucnet.ippuc.org.br/Bancodedados/Curitibaemdados/Curitiba\\_em\\_dados\\_Pesquisa.asp](http://ippucnet.ippuc.org.br/Bancodedados/Curitibaemdados/Curitiba_em_dados_Pesquisa.asp)>.

LAMBERTS, Roberto; DUTRA, Luciano; PEREIRA, Fernando O. R. **Eficiência energética na arquitetura**. 2.ed. São Paulo: ProLivros, 2004.

SCHMID, Aloísio Leoni. **Simulação de desempenho térmico em múltiplas zonas: MESTRE, um sistema brasileiro na linguagem java**. ENCAC - Encontro Latino-Americano sobre Conforto no Ambiente Construído. São Pedro, 2001.

SCHMID, Aloísio Leoni. **Software MESTRE**. Curitiba, UFPR, 2006.

SZOKOLAY, Steven V. **Introduction to architectural science: the basis of sustainable design**. 2ªed. Elsevier, 2008.