

**UNIJUÍ – UNIVERSIDADE REGIONAL DO NOROESTE DO ESTADO  
DO RIO GRANDE DO SUL**

**DETEC – DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA**

**CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

**AVALIAÇÃO DAS CONDIÇÕES DE CONFORTO TÉRMICO AO  
CALOR EM EDIFICAÇÕES HABITACIONAIS  
MULTIPAVIMENTADAS NA CIDADE DE IJUÍ – RS**

**ANGÉLICA MELISSA ROCHA**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

Ijuí (RS)

2004

**ANGÉLICA MELISSA ROCHA**

**AVALIAÇÃO DAS CONDIÇÕES DE CONFORTO TÉRMICO AO  
CALOR EM EDIFICAÇÕES HABITACIONAIS  
MULTIPAVIMENTADAS NA CIDADE DE IJUÍ – RS**

Trabalho de conclusão apresentado ao Curso de Engenharia Civil, do Departamento de Tecnologia – DETEC, da Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul – UNIJUÍ, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Civil.

Orientadora: Ms. Raquel Kohler

Ijuí (RS), março de 2004.

A Banca Examinadora abaixo-assinada aprova o Trabalho de Conclusão de Curso:

**AVALIAÇÃO DAS CONDIÇÕES DE CONFORTO TÉRMICO AO CALOR EM  
EDIFICAÇÕES HABITACIONAIS MULTIPAVIMENTADAS  
NA CIDADE DE IJUÍ – RS**

elaborado por

ANGÉLICA MELISSA ROCHA

como requisito parcial para obtenção do Título de Engenheiro Civil.

Ijuí (RS), 01 de março de 2004.

---

Arq. Ms. Raquel Kohler (Orientadora) (DETEC/EGC)

---

Eng. Ms. Luciana Londero Brandli (DETEC/EGC)

---

Arq. Esp. José Crippa (DETEC/EGC)

---

Eng. Ms. Luis Eduardo A. Modler (Coord. Colegiado  
do Curso de Engenharia Civil UNIJUÍ)

## *AGRADECIMENTOS*

*A Deus, que me concedeu sabedoria, oportunidade, e abençoou-me com a realização desta conquista.*

*À minha família, em especial à minha madrinha Jane e à minha mãe Rosane, que estiveram comigo em todos os momentos durante todo o período acadêmico, dando-me apoio e exemplo de vida para a realização das minhas conquistas.*

*Ao meu noivo, Lucas de Carvalho, que esteve sempre presente, compreendendo minhas ausências, incentivando-me sempre a prosseguir.*

*À minha orientadora, Ms. Raquel Kohler, pelos conhecimentos, dedicação e, principalmente, pela amizade.*

*As minhas colegas Mariela e Raquel, pelo apoio, companheirismo e principalmente pela amizade durante o período acadêmico.*

*A todos aqueles que de qualquer forma contribuíram para a realização deste trabalho.*

## RESUMO

Os objetivos principais dessa pesquisa foram analisar e comparar os quesitos relacionados ao conforto térmico ao calor em duas edificações habitacionais multipavimentadas, construídas na cidade de Ijuí e responder as seguintes questões: se as mesmas foram construídas em conformidade com o clima local, ou se foram projetadas para serem acondicionadas artificialmente e finalmente se proporcionam os condicionamentos térmicos (subjetivos) adequados para seus usuários. Sabe-se que o desempenho térmico de uma edificação envolve variáveis climáticas, humanas e arquitetônicas, cada qual apresentando diferentes características e graus de prioridade. A metodologia utilizada compreendeu revisão de literatura, seleção das edificações e definição das unidades para avaliação, de acordo com a orientação solar e altura, análise de projetos e memoriais das edificações, visita “in loco”, coleta de dados climáticos locais, aplicação de questionário aos moradores, levantamento de todas as variáveis necessárias para o cálculo da carga térmica, análise comparativa dos resultados e recomendações. O clima local caracteriza-se como subtropical úmido, sem estação seca, portanto apresentando áreas propícias ao desconforto tanto ao frio, quanto ao calor. A pesquisa, no entanto restringiu-se a análise do condicionamento ao calor – orientação oeste, e aponta resultados desfavoráveis para as unidades habitacionais selecionadas, pois os materiais construtivos não proporcionam o isolamento térmico adequado, principalmente os fechamentos transparentes (vidros) devido à orientação das aberturas e a cobertura. Os resultados reiteram a importância da orientação solar e das características geométricas (saliências e reentrâncias) da edificação. Nas duas edificações analisadas constatou-se problemas de projeto, desde a escolha e o emprego dos materiais, até a implantação da edificação no terreno.

**Palavras-chave:** conforto térmico, clima, orientação solar, materiais de construção.

## SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS .....	6
LISTA DE QUADROS .....	7
<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>8</b>
1.1 Delimitação do tema.....	8
1.2 Formulação da questão em estudo.....	9
1.3 Definição dos objetivos de estudo.....	9
1.3.1 Objetivo geral.....	9
1.3.2 Objetivos específicos.....	9
1.4 Justificativa.....	10
<b>2 O CONFORTO TÉRMICO E O AMBIENTE CONSTRUÍDO.....</b>	<b>11</b>
2.1 Conforto ambiental.....	11
2.2 Relação entre clima e conforto ambiental.....	12
2.2.1 A aplicação da bioclimatologia.....	16
2.2.2 O Rio Grande do Sul no zoneamento bioclimático brasileiro.....	18
2.3 Variáveis que interagem no conforto térmico das edificações.....	20
2.4 Eficiência energética em edificações.....	22
2.5 Materiais de construção e o conforto térmico em edificações.....	22
2.6 Importância da definição técnica e econômica dos materiais de construção que influenciam diretamente no conforto térmico do ambiente.....	24
2.7 Avaliação Pós-Ocupação.....	25
<b>3 MÉTODOS E MATERIAIS UTILIZADOS.....</b>	<b>26</b>
3.1 Estudo de caso.....	26
3.2 Instrumentos de Pesquisa.....	35
<b>4 RESULTADOS E ANÁLISES.....</b>	<b>36</b>
4.1 Carga térmica.....	36
4.2 Análise dos materiais construtivos empregados nas edificações estudadas.....	41
4.2.1 Fechamentos opacos.....	41
4.2.2 Aberturas.....	42
4.2.3 Cobertura.....	43
4.3 Avaliação do conforto térmico pelos usuários dos ambientes estudados.....	43
4.4 Recomendações técnicas para atingir o conforto térmico nos ambientes selecionados.....	45
4.5 Análise de custos do conforto térmico nas edificações selecionadas.....	46
<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>49</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>52</b>
<b>ANEXOS</b>	

## LISTA DE FIGURAS

01 – Diagrama do conforto térmico humano .....	12
02 – Mapa do Brasil e as seis regiões climáticas .....	15
03 – Carta bioclimática .....	16
04 – Zoneamento bioclimático brasileiro .....	18
05 – Zona bioclimática 2 – regiões Sul e Sudeste .....	19
06 – Fachada sul – Edifício Aquarius .....	27
07 – Fachada leste – Edifício Aquarius .....	28
08 – Fachada oeste – Edifício Aquarius .....	28
09 – Fachada norte – Edifício Aquarius .....	29
10 – Localização e orientação dos apartamentos do Edifício Aquarius .....	30
11 – Fachada sudoeste – Residencial Partenon .....	31
12 – Fachada sudeste – Residencial Partenon .....	32
13 – Fachada noroeste – Residencial Partenon .....	32
14 – Fachada nordeste – Residencial Partenon .....	33
15 – Localização e orientação dos apartamentos do Residencial Partenon .....	34
16 – Medidor de temperatura e umidade .....	35

## LISTA DE QUADROS

01 – Aberturas para ventilação e sombreamento de aberturas para a Zona Bioclimática 2...	19
02 – Transmitância térmica, atraso térmico e fator de calor solar admissíveis para vedações externas para a Zona Bioclimática 2 .....	20
03 – Estratégias de condicionamento térmico passivo para a Zona Bioclimática 2 .....	20
04 – Carga térmica total e percentual de contribuição das diferentes variáveis – Edifício Aquarius – Apto 203 .....	37
05 – Carga térmica total e percentual de contribuição das diferentes variáveis – Edifício Aquarius – Apto 503 .....	37
06 – Carga térmica total e percentual de contribuição das diferentes variáveis – Edifício Aquarius – Apto 703 .....	38
07 – Carga térmica total e percentual de contribuição das diferentes variáveis – Residencial Partenon – Apto 205 .....	39
08 – Carga térmica total e percentual de contribuição das diferentes variáveis – Residencial Partenon – Apto 506 .....	40
09 – Resultado da aplicação dos questionários aos moradores dos apartamentos .....	44
10 – Estudo comparativo de custos para obtenção de conforto térmico através dos fechamentos opacos .....	47
11 – Estudo comparativo de custos para obtenção de conforto térmico através dos fechamentos transparentes .....	47
12 – Estudo comparativo de custos para obtenção de conforto térmico através da cobertura .....	48



## **1 INTRODUÇÃO**

O presente trabalho faz parte de uma pesquisa relacionada ao conforto ambiental de edificações, tratando mais especificamente sobre conforto térmico e suas variáveis, analisando se as alternativas adotadas em Ijuí (RS) estão de acordo com o clima da região, e indicando quais são as variáveis de maior influência para o conforto térmico do usuário.

### **1.1 Delimitação do tema**

O conforto ambiental pode ser entendido como a adequação das necessidades do corpo humano ao meio ambiente, gerando uma sensação de bem-estar. As edificações agem assim como uma interface entre o ser humano, suas necessidades e os rigores do clima. Sendo assim, é de extrema importância que esta interface seja eficiente na escolha do sítio, na utilização de materiais de construção, orientação da edificação, eficiência das aberturas, estudo da ventilação e da insolação, ganhos e perdas térmicas, estudo do micro e do macroclima, impacto ambiental, vegetação e aspectos culturais.

Este trabalho apresenta a comparação e a análise do conforto ambiental em duas edificações habitacionais multipavimentadas, dando ênfase ao aspecto conforto térmico. Partiu-se da premissa de que em Ijuí este aspecto é pouco considerado nesta tipologia edilícia, porém entende-se ser de grande importância no que se refere à habitabilidade das mesmas, ou seja, ao bem-estar do usuário.

## **1.2 Formulação da questão em estudo**

O conforto térmico depende de vários parâmetros que estão relacionados com o processo de troca de calor entre a edificação e o ambiente externo. Sabe-se que estes parâmetros também envolvem custos, sendo, portanto, um fator de decisão na hora de construir. Neste contexto, investigou-se se os parâmetros utilizados (materiais de construção, orientação da edificação, ventilação, insolação, ganhos e perdas térmicas, entre outros) na construção de edificações habitacionais multipavimentadas na cidade de Ijuí estão adequados às necessidades de conforto térmico dos usuários e de acordo com o clima local.

## **1.3 Definição dos objetivos de estudo**

### **1.3.1 Objetivo geral**

O objetivo geral desta investigação foi a comparação e análise das variáveis relacionadas ao conforto térmico ao calor, em duas edificações habitacionais multipavimentadas, na cidade de Ijuí, RS.

### **1.3.2 Objetivos específicos**

- Cálculo da carga térmica e análise do desempenho térmico ao calor, de alguns compartimentos internos nas edificações selecionadas;
- Avaliação do conforto térmico ao calor pelos usuários dos ambientes selecionados;
- Elaboração e análise simplificada dos custos para obtenção de conforto térmico nos ambientes;
- Recomendações para os ambientes selecionados no que se refere às variáveis que influenciam diretamente no conforto térmico.

## 1.4 Justificativa

Na última década, a cidade de Ijuí vem crescendo e se desenvolvendo no contexto regional, devido, em parte, ao crescimento da Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul (UNIJUÍ), e à qualificação do sistema de saúde, fatores importantes que atraem muitas pessoas, segundo reportagem publicada na imprensa local:

Somente a Unijuí traz para a cidade milhares de estudantes. Dos cerca de 11,8 mil matriculados na universidade, mais de 74% vêm de fora. O resultado disso é o aumento espantoso do número de construções civis, o fortalecimento do comércio e a geração de novos empregos (JORNAL DA MANHÃ, 2003, p. 7).

A vinda de novos habitantes, sejam eles fixos ou temporários, aumenta a necessidade da construção de novos imóveis.

O conforto ambiental aliando conforto térmico, eficiência energética e baixo custo é uma necessidade real, já que recentemente enfrentou-se uma grave crise energética e, principalmente, porque se sabe que é possível obter conforto com baixo consumo de energia.

A climatização natural é aquela que não se utiliza de equipamentos de natureza mecânica. Pode-se climatizar naturalmente um ambiente através do potencial da ventilação, da insolação, da vegetação, dos materiais de construção e de todas as variáveis (paredes externas, aberturas, vidros, ocupantes, iluminação artificial, infiltração, cobertura e equipamentos). A climatização natural deveria ser a primeira abordagem, passando para sistemas mecânicos somente quando as condições e rigores do clima forem extremos, pois climatizar naturalmente é a opção mais lógica quando se quer uma efetiva redução no consumo de energia elétrica.

Nesse sentido, houve interesse em desenvolver um trabalho que contemplasse as variáveis que interferem no conforto térmico das edificações habitacionais multipavimentadas na cidade de Ijuí, bem como criar alternativas para se obter um bom desempenho térmico, respeitando os condicionantes climáticos da região.

## **2 O CONFORTO TÉRMICO E O AMBIENTE CONSTRUÍDO**

### **2.1 Conforto ambiental**

O sol, o vento e a umidade relativa são fatores determinantes no conforto bioclimático e estão intimamente interligados. A estreita associação entre construções, clima e vegetação influi na área urbana e são indicativos do conforto ambiental, que fazem parte do nosso patrimônio cultural, que durante séculos personalizou as cidades.

O conforto ambiental, por estar diretamente associado à produtividade do indivíduo enquanto em seu ambiente de trabalho, e ao seu repouso quando em sua moradia, é um fator a caracterizar a qualidade da edificação, da mesma forma e ao mesmo nível em que o são a durabilidade, a segurança estrutural, a segurança ao fogo, a estanqueidade, entre outros aspectos (COSTA, 1982).

A edificação afeta sempre o microclima e o conforto ambiental dos que a habitam. Todavia, fabricar o clima, isto é, criar condições artificiais para produzir conforto ambiental é tecnicamente trivial, porém há o custo da energia consumida pelos climatizadores artificiais, além de que o seu uso indiscriminado poderá criar ao longo do tempo, edificações doentes – consequências negativas quando a questão do conforto ambiental não é levada em conta no momento do projeto (LAMBERTS, DUTRA & PEREIRA, 1997).

As condições climáticas comumente não interferem na temperatura interna do corpo humano, que permanece constante, pois o homem é um ser homeotérmico e sua temperatura interna varia de 33°C a 41°C (COSTA, 1982). As alterações só irão ocorrer quando a

temperatura do ambiente ultrapassar limites nos quais o organismo não consegue equilibrar a temperatura, quer seja baixa ou alta temperatura.

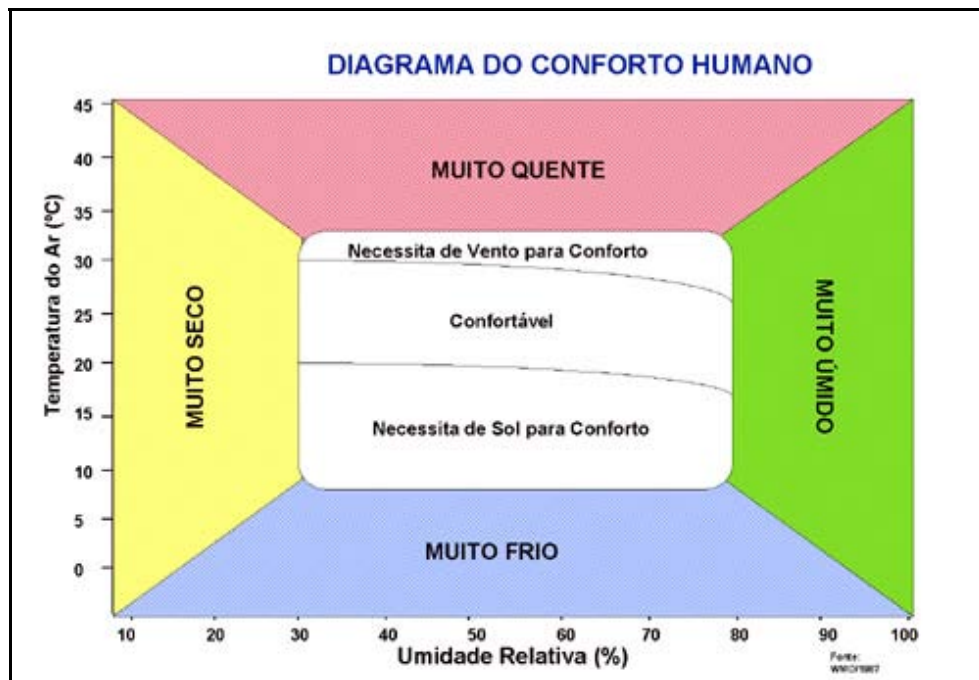


Figura 1 – Diagrama do conforto térmico humano.

Fonte: Nogueira & Nogueira, 2003.

Na figura 1 observa-se a relação entre temperatura e umidade relativa do ar. Pode-se perceber que o corpo humano não necessita de climatização artificial quando estas permanecerem entre 20°C e 30°C e 30% e 80%, respectivamente. Porém, quando a temperatura está abaixo dos 20°C ou acima dos 30°C, e a umidade inferior a 30% ou superior a 80%, se faz necessário lançar mão de climatizadores artificiais para que o corpo humano entre novamente em equilíbrio.

## 2.2 Relação entre clima e conforto ambiental

Por clima de uma região entende-se a condição geral do tempo nesse local (MASCARÓ, 1981). Climas são condições meteorológicas que têm variação em cada região, sendo uma das principais características naturais para a constituição do meio ambiente.

Segundo Lamberts, Dutra & Pereira (1997), é importante o conhecimento das diferenças conceituais existentes entre tempo e clima. Tempo é a variação diária das condições atmosféricas, enquanto que clima é a condição média do tempo em uma dada região, baseada em medições. As variações climáticas são atribuídas a elementos de controle, tais como: proximidade à água (a água se aquece ou esfria mais rapidamente que a terra); altitude (a temperatura do ar tende a diminuir com o aumento da altitude); barreiras montanhosas e correntes oceânicas.

Para melhor compreensão do clima brasileiro, Lamberts, Dutra e Pereira (1997) acharam conveniente dividir o clima em três escalas distintas, porém indissociáveis: macroclima, mesoclima e microclima. Referindo-se ao macroclima, as variáveis são quantificadas em estações meteorológicas. Podem descrever as características gerais de uma região em termos de sol, nuvens, temperatura, vento, umidade e precipitação. O conhecimento dessas variáveis é fundamental para o projeto de edificações mais adequadas ao conforto do seu ocupante e mais eficientes em termos de consumo de energia. O mesoclima e microclima são escalas mais próximas ao nível da edificação. Alguns tipos de mesoclima podem ser identificados facilmente como, por exemplo: o litoral, o campo, as florestas, os vales, as cidades e as regiões montanhosas. É aqui que variáveis como a vegetação, a topografia, o tipo de solo e a presença de obstáculos naturais ou artificiais irão influenciar nas condições locais de clima. De forma semelhante, porém bem mais perto da edificação, tem-se o microclima, o qual pode ser concebido e alterado. O estudo das variáveis desta escala é fundamental para o lançamento do projeto, pois uma série de particularidades climáticas do local pode induzir a soluções arquitetônicas mais adequadas ao bem-estar das pessoas e à eficiência energética.

As variáveis tanto do macro, meso e microclima são as mesmas, porém cada uma apresenta características diferentes de acordo com a escala climática. Aqui serão explicadas somente as variáveis do mesoclima e microclima, pois as mesmas interferem mais diretamente no nível de conforto nas edificações.

- **Radiação solar** – Nas escalas meso e microclimáticas, a radiação solar pode ser interceptada pelos elementos vegetais e topográficos do local. A radiação solar é um dos mais importantes contribuintes para o ganho térmico em edifícios. Na escala da edificação, a transferência de calor por radiação pode ser dividida em cinco partes principais: radiação solar direta, radiação solar difusa, radiação solar refletida pelo solo e

pelo entorno, radiação térmica emitida pelo solo aquecido e pelo céu e radiação térmica emitida pelo edifício.

- **Temperatura** – Após ser aquecida pelo sol, a terra retém o calor por muito mais tempo que uma edificação habitacional convencional. Esta característica é conhecida como inércia térmica. A terra ganha ou perde calor lentamente se submetida a temperaturas respectivamente mais altas ou mais baixas. O calor armazenado no solo pode ser útil em locais onde as noites são frias mas os dias são quentes, ou seja, onde há grande amplitude diária de temperatura. Se a edificação for integrada à terra (edificações semi-enterradas, taludes, coberturas com terra), poderá absorver esse calor nos horários mais frios do dia, possibilitando conforto aos usuários.
- **Vento** – As condições do vento do local podem ser alteradas com a presença de vegetação, edificações e outros anteparos naturais ou artificiais. Pode-se tirar partido do perfil topográfico de um terreno para canalizar os ventos, desviando-os ou trazendo-os para a edificação. O movimento do ar também sofre grande influência da rugosidade da superfície.
- **Umidade** – A umidade pode ser modificada nas escalas mais próximas à edificação na presença de água ou de vegetação. Nas proximidades das massas de água (lagos, fontes, espelhos de água) o ar se umidifica, podendo ser utilizado para refrescar as edificações. Já o vegetal umedece o ar do seu entorno pela evapotranspiração. Pode ser útil em locais onde o clima é muito seco.

Os mesmos autores ainda comentam que um melhor aproveitamento do clima pode ser obtido pelo planejamento apropriado de detalhes da edificação. O paisagismo, a orientação e a escolha da tipologia arquitetônica são fundamentais na adequação do edifício ao clima.

O condicionamento artificial dos edifícios teve efeitos marcantes nas cidades modernas. A vida urbana se converteu em uma série de experiências condicionadas artificialmente, com moradia, espaços de trabalho e veículos isolados do exterior. Sem a preocupação com as condições climáticas externas, o condicionamento artificial permitiu o desenvolvimento de megaestruturas, cujo aquecimento, refrigeração, umidade e iluminação dependem totalmente de sistemas mecânicos (DUARTE & SERRA, 2002).

O Brasil, com suas proporções continentais, apresenta climas diferentes. Como pode ser observado na figura 2. Para simplificar o entendimento dessa variabilidade climática, adotou-se a divisão do clima brasileiro em seis regiões básicas (LAMBERTS, DUTRA e PEREIRA,1997):

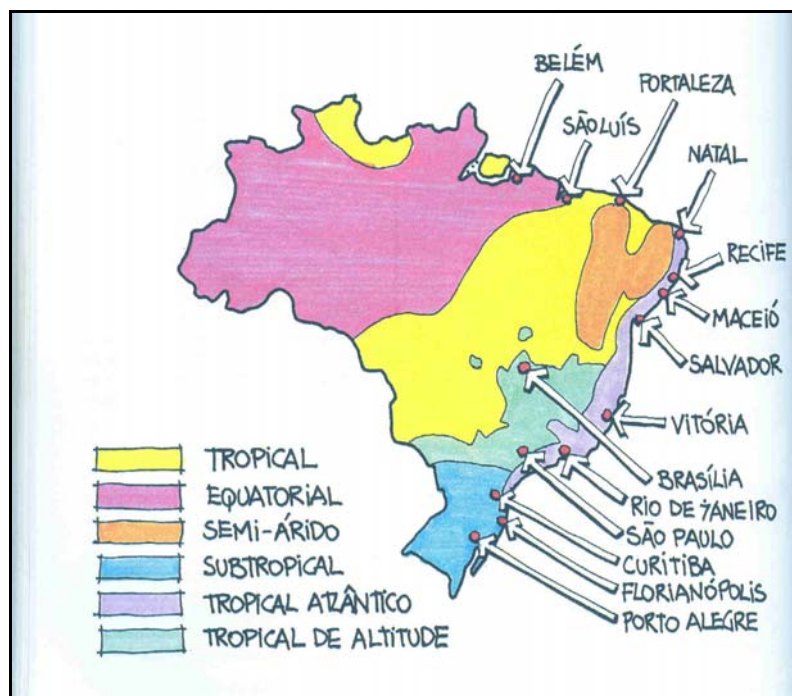


Figura 2 – Mapa do Brasil e as seis regiões climáticas.

Fonte: Lamberts, Dutra & Pereira, 1997.

No Estado do Rio Grande do Sul, o clima predominante é Subtropical (ALMANAQUE ABRIL, 1995). O trabalho de Lamberts, Dutra & Pereira (1997) indica que neste tipo climático, as temperaturas médias se situam, normalmente, abaixo dos 20°C e a amplitude anual varia de 9°C a 13°C; já as chuvas são fartas e bem distribuídas (entre 1.500 e 2.000 mm/ano). O inverno é rigoroso nas áreas mais elevadas, onde pode ocorrer neve.

Na região onde se localiza a cidade de Ijuí, o clima é subtropical úmido, sem estação seca. As temperaturas médias observadas mostram uma máxima de 38°C no mês de janeiro e uma mínima de 4°C no mês de julho, sendo que a média anual oscila em torno de 21°C; a pluviosidade anual está na faixa de 1.600 mm, com uma média de 100 dias de chuva por ano. O mês mais seco é janeiro e o excedente hídrico médio anual é de 350 a 400 mm, de maio a outubro. Os ventos predominantes sopram do quadrante sudeste e secundariamente da direção noroeste, e de forma variada de outros quadrantes (AZAMBUJA, 1994).



### 2.2.1 A aplicação da bioclimatologia

Entende-se por bioclimatologia o estudo das relações dos seres vivos com o clima. Segundo Givoni (apud LAMBERTS, DUTRA & PEREIRA, 1997, p. 104), “o clima interno em edifícios não condicionados reage mais largamente à variação do clima externo e à experiência de uso dos habitantes”. Baseado nesta afirmação, o mesmo autor concebeu uma carta bioclimática própria para países em desenvolvimento, sendo que esta, entre a de vários outros autores, foi considerada adequada às condições brasileiras.

Segundo Lamberts, Dutra & Pereira (1997), a carta bioclimática adotada no Brasil é construída sobre o diagrama psicrométrico (ANEXO A), que relaciona a temperatura do ar e a umidade relativa. Obtendo os valores dessas variáveis para os principais períodos do ano climático da localidade, poderá se fazer indicações sobre a estratégia bioclimática a ser adotada. Os dados de temperatura e umidade podem ser plotados diretamente sobre a carta onde são identificadas nove zonas de atuação, conforme mostra a figura 3.

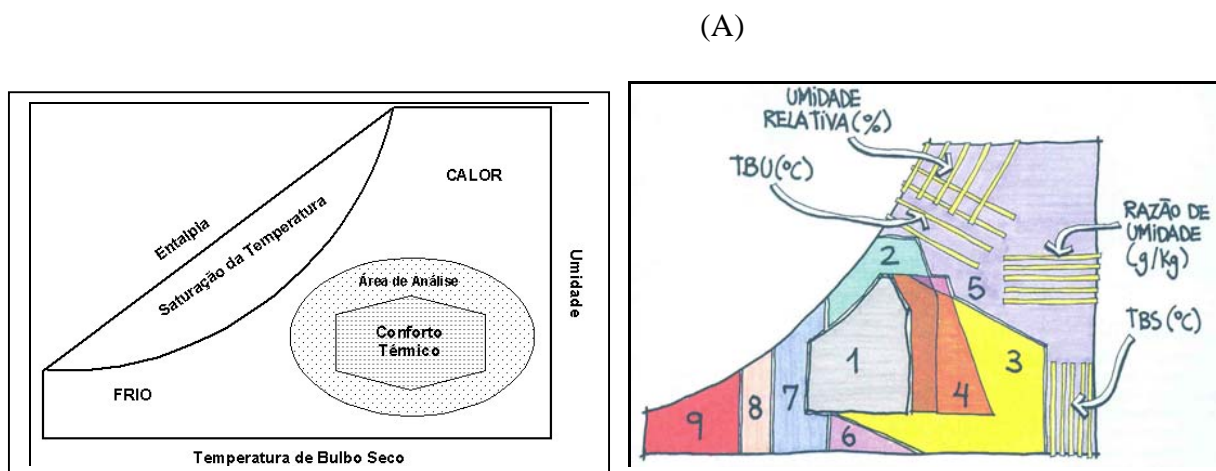


Figura 3 – Carta Bioclimática

(A) adotada para o Brasil.

Fonte: Lamberts, Dutra & Pereira (1997, p.105).

Legenda da Figura 3 (A):

1. Zona de conforto
2. Zona de ventilação
3. Zona de resfriamento evaporativo

4. Zona de massa térmica para resfriamento
5. Zona de ar-condicionado
6. Zona de umidificação
7. Zona de massa térmica para aquecimento
8. Zona de aquecimento solar passivo
9. Zona de aquecimento artificial.

Os dados fornecidos pela carta psicrométrica são de fundamental importância para que se possa realizar o cálculo da carga térmica. Para tanto, é importante entender os conceitos das variáveis que compõem a carta. Inicialmente, define-se o que significa psicrometria, para então compreender a carta psicrométrica.

- **Psicrometria** – estudo das propriedades do ar, tais como temperatura, umidade e ponto de orvalho.
- **Carta psicrométrica** – diagrama que simplifica o estudo das propriedades do ar.
- **Temperatura de bulbo seco (TBS)** – temperatura do ar medida com termômetro comum.
- **Temperatura de bulbo úmido (TBU)** – temperatura do ar medida com termômetro comum, cujo bulbo foi coberto com uma gaze úmida (resfriamento evaporativo).
- **Umidade relativa (%)** – razão entre a quantidade de umidade do ar e a quantidade máxima que ele pode conter na mesma temperatura.
- **Umidade absoluta** – é a massa de água contida em 1 kg de ar seco.
- **Entalpia** – quantidade de energia interna em relação a um ponto de referência. A entalpia de uma mistura de ar seco e vapor de água é a soma das entalpias dos componentes.
- **Calor latente** – a quantidade de calor recebida ou cedida por um corpo ao sofrer mudança de fase.
- **Calor sensível** – a quantidade de calor recebida ou cedida por um corpo ao sofrer uma variação de temperatura.

### 2.2.2 O Rio Grande do Sul no zoneamento bioclimático brasileiro

De acordo com o Comitê Brasileiro de Construção Civil (1998), o zoneamento bioclimático brasileiro compreende oito diferentes zonas bioclimáticas (figura 4) e a classificação de 330 cidades.

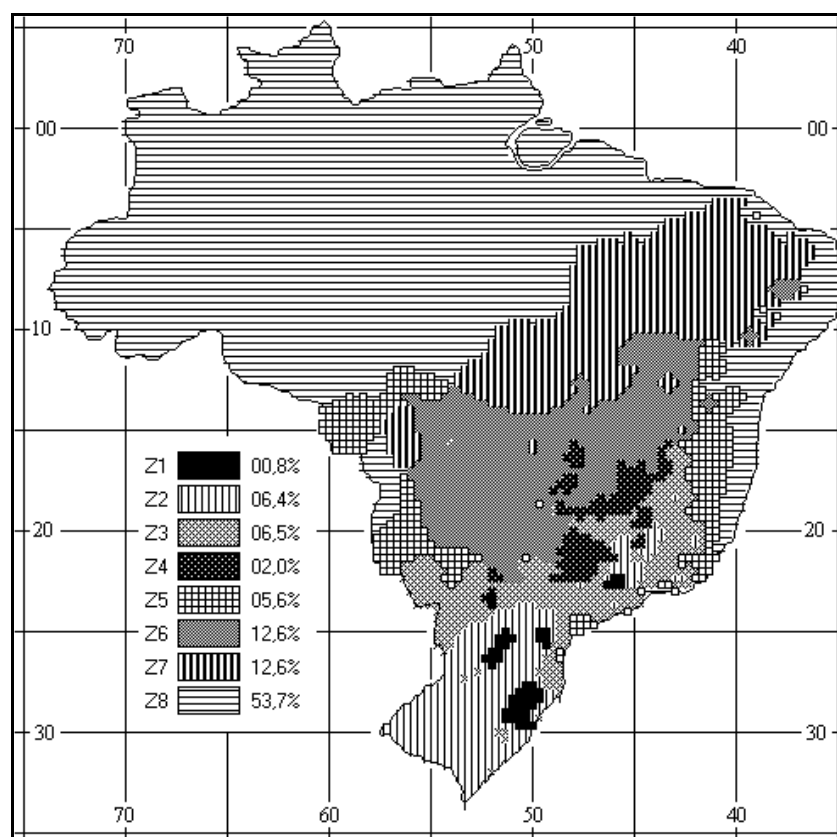


Figura 4 - Zoneamento bioclimático brasileiro.

Fonte: Comitê Brasileiro de Construção Civil, 1998.

A cidade de Ijuí não teve seu clima classificado, porém a cidade mais próxima a obter classificação no zoneamento foi a cidade de Cruz Alta, que se localiza a 42 km de Ijuí. Devido a esta proximidade e levando em conta que ambas as cidades encontram-se na mesma zona bioclimática, zona 2, parte-se do pressuposto que as características climáticas gerais são as mesmas e que as diretrizes construtivas para esta zona podem ser as mesmas nas duas cidades (figura 5).



Figura 5 – Zona bioclimática 2 – Regiões Sul e Sudeste.

Fonte: Comitê Brasileiro de Construção Civil, 1998.

As estratégias indicadas para a cidade de Cruz Alta dizem respeito à orientação e implantação da edificação, além da correta orientação das superfícies envidraçadas, a renovação do ar interno por ar externo, que se obtém com boa ventilação dos ambientes. Também salienta-se a importância do entorno próximo, que pode alterar significativamente a direção dos ventos. De acordo com o Comitê Brasileiro de Construção Civil (1998), algumas diretrizes construtivas podem ser adotadas para a zona 2:

**Quadro 1** – Aberturas para ventilação e sombreamento de aberturas para a Zona Bioclimática 2

<b>Abertura para ventilação A (em % da área do piso)</b>	<b>Sombreamento das aberturas</b>
Médias: $15% < A < 25%$	Permitir sol durante o inverno

**Quadro 2** – Transmitância térmica, atraso térmico e fator de calor solar admissíveis para vedações externas para a Zona Bioclimática 2

<b>Vedações externas</b>	<b>Transmitância térmica U W/m<sup>2</sup>.K</b>	<b>Atraso térmico <math>\theta</math> Horas</b>	<b>Fator de calor solar FCS %</b>
Parede: Leve	$U \leq 3,00$	$\theta \leq 4,3$	FCS $\leq 5,0$
Cobertura: Leve isolada	$U \leq 2,00$	$\theta \leq 3,3$	FCS $\leq 6,5$

**Quadro 3** – Estratégias de condicionamento térmico passivo para a Zona Bioclimática 2

<b>Estação</b>	<b>Estratégias de condicionamento térmico passivo</b>
Verão	Ventilação cruzada
Inverno	Aquecimento solar da edificação Vedações internas pesadas (inércia térmica)

### 2.3 Variáveis que interagem no conforto térmico das edificações

Para Lamberts, Dutra & Pereira (1997), a avaliação do desempenho térmico de uma edificação envolve variáveis climáticas, humanas e arquitetônicas, permitindo o cálculo da carga térmica, ou seja, a quantidade de calor total que deverá ser extraída ou fornecida ao ar do ambiente para mantê-lo em condições desejáveis de temperatura e umidade. Cada uma das variáveis possui características diferentes, porém cada uma tem seu grau de importância, que deve ser analisado quando se calcula a carga térmica de um ambiente.

#### a) Variáveis climáticas

- Insolação – depende da orientação e do tipo de janela e das respectivas proteções solares utilizadas.
- Temperatura do ar externo.
- Umidade do ar externo.

## b) Variáveis humanas

- Ocupantes – o calor gerado pelos ocupantes depende de sua atividade física (metabolismo) e do número de usuários do ambiente.

As condições de conforto térmico são funções das atividades desenvolvidas pelos indivíduos, da vestimenta e das condições de clima do ambiente, assim como devem ser considerados os aspectos relativos à raça, sexo, idade e hábitos climáticos (RORIZ, 1986).

Considerando as diferenças de natureza física entre as pessoas, assim como o tipo de roupa ou metabolismo, aliado ainda a fatores subjetivos, sempre haverá alguém para quem o ambiente estará mais frio ou mais quente (ALLUCCI apud NOGUEIRA & NOGUEIRA, 2003).

## c) Variáveis arquitetônicas

- Fechamentos opacos – todos os fechamentos opacos (paredes, pisos, tetos) podem ser fontes de ganhos ou perdas térmicas do ambiente por condução entre os meios exterior e interior.
- Fechamentos transparentes – atuam através dos ganhos de calor por insolação e das trocas entre meios externo e interno por condução.
- Iluminação artificial – a iluminação artificial também gera calor, que deve ser considerado como integrante da carga térmica.
- Outras fontes de calor – como computadores, máquinas e outros equipamentos que podem gerar calor no ambiente.
- Infiltração e renovação – as condições de temperatura e umidade do ar externo podem significar um acréscimo razoável na carga térmica do ambiente por infiltração (por frestas) ou renovação, principalmente se forem muito diferentes das condições do ar interno.
- Geometria dos ambientes.

## **2.4 Eficiência energética em edificações**

A energia que uma edificação consumirá tem se tornado um forte determinante na decisão dos sistemas de controle ambiental utilizados (LAMBERTS, DUTRA & PEREIRA 1997).

Segundo esses autores, eficiência energética pode ser entendida como a obtenção de um serviço com baixo dispêndio de energia. Portanto, um edifício é mais eficiente energeticamente que outro quando proporciona as mesmas condições ambientais com menor consumo de energia.

No projeto de habitações, dentre os diversos aspectos a serem considerados, encontra-se a questão do conforto térmico dos seus ocupantes, que deve preferencialmente ser conseguido sem o uso de equipamentos para o condicionamento do ar, seja em virtude dos custos envolvidos, seja visando à diminuição do consumo de energia e de outros fatores que contribuem para a degradação do meio ambiente. No caso de habitações, o uso de sistemas de ar condicionado pode ser evitado na maior parte dos casos, desde que o seu projeto seja adequado ao clima.

Atualmente, da energia consumida no Brasil (229 TWh em 1992), 42% é utilizada por edificações residenciais, comerciais e públicas. No setor residencial, o consumo de energia chega a 23% do total nacional, sendo que os setores comercial e público correspondem a 11% e 8% respectivamente (GELLER apud LAMBERTS, DUTRA & PEREIRA, 1997, p. 20). Os mesmos autores afirmam que se os profissionais ligados à área da construção tivessem mais conhecimento sobre a eficiência energética, ao nível de projeto ou da especificação de materiais e equipamentos, estes valores poderiam ser reduzidos.

## **2.5 Materiais de construção e o conforto térmico em edificações**

Os materiais de construção têm uma forte influência sobre as condições de conforto do ambiente interior. A especificação dos materiais exige o entendimento de suas propriedades e de sua adequação às características plásticas do projeto. O uso de isolamento térmico ou

proteção solar em paredes, janelas e telhados, o tipo de vidro empregado nas janelas, devem ser estudados a fim de evitar ganhos térmicos excessivos e obter melhorias nas condições de conforto no interior (LAMBERTS, DUTRA & PEREIRA 1997).

Visto ser difícil referir e analisar neste trabalho todos os materiais de construção que interagem no conforto térmico, ressalta-se a importância do vidro no condicionamento térmico das edificações. SCHEERBAT apud MASCARÓ (1981, p. 68) sintetizou em uma frase uma das idéias correntes no começo do século XX:

[...] a maioria de nós habitamos em espaços fechados [...] suprimamos o sentido de fechado dos espaços em que vivemos. Isto só será conseguido introduzindo a arquitetura do vidro que, permitirá que a luz da lua e das estrelas brilhem nos quartos não através de um par de janelas, senão, tanto como seja possível, através de paredes inteiras de vidro [...]. (SCHEERBAT apud MASCARÓ, 1981, p. 68).

Lamberts, Dutra & Pereira (1997) salientam que as principais trocas térmicas em uma edificação acontecem geralmente nos fechamentos transparentes, que compreendem janelas, clarabóias e qualquer outro elemento transparente na arquitetura. Nos fechamentos transparentes podem ocorrer os três tipos básicos de trocas térmicas: condução, convecção e radiação. Com relação às duas primeiras, o comportamento é semelhante ao dos fechamentos opacos, quando ocorre a transmissão de calor se há uma diferença de temperatura entre suas superfícies interior e exterior, acrescentando aos transparentes a possibilidade do controle das trocas de ar entre interior e exterior, basicamente ao abri-los e fechá-los. A radiação é que se torna o principal fator devido à sua parcela diretamente transmitida para o interior (inexistente nos fechamentos opacos), que depende da transmissividade do vidro.

Vários propósitos podem servir de argumento na escolha do tipo de vidro a ser utilizado em uma abertura. Entre eles o controle da radiação solar, que pode ser resumido em:

- admitir ou bloquear a luz natural;
- admitir ou bloquear o calor solar;
- permitir ou bloquear as perdas de calor do interior;
- permitir o contato visual entre interior e exterior.

O vidro é um dos materiais componentes da envoltória do edifício e está, desta forma, diretamente ligado ao controle simultâneo da luz e do calor que incidem no seu interior. Se este controle for inadequado pode ser prejudicial à visão, ao bom desenvolvimento intelectual



e até mesmo ao descanso físico, além de acarretar consumos excessivos de energia. Por isso, a utilização do vidro em edifícios deve se realizar mediante o conhecimento das características luminosas e energéticas dos vidros, para que se evite ao máximo desperdícios de energia. Na maior parte dos casos, quando se utilizam vidros que reduzem a transmissão de energia térmica para o interior da edificação, a transmissão de luz também é reduzida. Ou seja, por um lado, economiza-se energia para refrigeração mas, por outro, há necessidade de complementação com iluminação artificial, aumentando novamente este consumo.

## **2.6 Importância da definição técnica e econômica dos materiais de construção que influenciam diretamente no conforto térmico do ambiente**

Os conhecimentos relativos à área de comportamento ambiental das edificações só tiveram um desenvolvimento científico mais sistemático no século XX, na década de 90.

O engenheiro civil tem o papel de promover o conforto ambiental, e para isso torna-se necessária uma avaliação dos métodos e estratégias na aquisição dos conhecimentos básicos sobre o desempenho do conforto térmico das edificações habitacionais multipavimentadas. Observando algumas construções na cidade de Ijuí, percebe-se a presença de deficiência nas condições básicas do sistema construtivo e desconforto térmico nas edificações, necessitando realizar uma investigação para poder melhorar a qualidade ambiental.

Quando se faz um projeto para construção de uma edificação deve-se estar atento para o tipo de material empregado, seja pisos, paredes, revestimentos, coberturas ou outras aplicações dos materiais, bem como uma análise econômica. Baseando-se nesses materiais e num estudo detalhado de conforto térmico é que será possível conseguir uma edificação com perfeitas condições de conforto ambiental para os futuros usuários que venham a utilizá-la.

Segundo Mascaró (1985), quanto mais rigoroso for o clima do lugar onde o edifício se localiza, seja porque o clima é quente (e no teto chegará a maioria da radiação térmica que tem de neutralizar), seja porque é frio (e o teto deverá ter um excelente isolamento térmico para não deixar sair o calor), seja porque o clima é muito chuvoso (e tem de ter desaguadouro especial para chuvas intensas), mais caro será o teto desse edifício, independentemente (ou quase) do seu número de andares. Inversamente, quanto mais ameno for o clima, mais barato será unitariamente o teto do edifício.

Para Mascaró (1985), a adequação do teto às condições climáticas não acontece sempre, pois ao evitar-se um custo extra, às vezes deixa-se de projetar e de construir um teto adequado às condições climáticas do lugar.

## **2.7 Avaliação Pós-Ocupação**

Segundo Ornstein (1992), a avaliação de fatores técnicos, funcionais, econômicos, estéticos e comportamentais do ambiente em uso, tendo em vista tanto a opinião dos técnicos, projetistas e clientes, como também dos usuários, é possível diagnosticar aspectos positivos e negativos, definindo para este último caso recomendações que:

- em primeiro lugar, minimizem, ou até mesmo corrijam problemas detectados no próprio ambiente construído submetido à avaliação, através do estabelecimento de programas de manutenção e de conscientização do público usuário, de necessidade de alterações comportamentais, tendo em vista a conservação do patrimônio público ou privado;
- em segundo lugar, possibilitem a utilização dos resultados destas avaliações sistemáticas (estudos de caso) para realimentar o ciclo do processo de produção e o uso de ambientes semelhantes, buscando otimizar o desenvolvimento de projetos futuros. Em outras palavras, a Avaliação Pós-Ocupação (APO) pode ser entendida como um método interativo que detecta patologias e determina terapias no decorrer do processo de produção e uso de ambientes construídos, através de participação intensa de todos os agentes envolvidos na tomada de decisões.

### **3 MÉTODOS E MATERIAIS UTILIZADOS**

As referências teóricas deste trabalho foram realizadas através de uma revisão bibliográfica que englobou vários aspectos relacionados ao conforto ambiental, clima, conforto térmico, eficiência energética e materiais de construção. A partir desta revisão obteve-se as informações necessárias para realizar a comparação entre os aspectos considerados ideais para se ter um bom nível de conforto térmico nas edificações selecionadas.

#### **3.1 Estudo de caso**

Esta pesquisa possui caráter qualitativo/quantitativo. Qualitativo no que diz respeito ao levantamento dos níveis de satisfação dos usuários, o que caracteriza este tipo de pesquisa, e quantitativo porque serão necessários cálculos referentes à carga térmica dos ambientes selecionados. Os dados coletados foram analisados por parâmetros numéricos e alguns submetidos à análise estatística.

Para a realização deste trabalho selecionaram-se duas edificações habitacionais multipavimentadas na cidade de Ijuí (RS). Optou-se por edificações multipavimentadas em função da diferença de conforto que pode existir em relação à altura e ao entorno próximo.

Características das edificações selecionadas:

## A – Edifício Aquarius

Localizado na rua Sete de Setembro, no centro da cidade, caracteriza-se como de ocupação mista (residencial e comercial), possui 5 pavimentos “tipo” (três apartamentos por andar), com dois e três dormitórios; um pavimento de cobertura (duplex); no pavimento térreo estão localizadas as salas comerciais; no subsolo está localizada a garagem. O entorno existente próximo ao Edifício Aquarius é caracterizado por residências de apenas um pavimento (figura 6). A vegetação que contorna a edificação possui altura média (figura 7), o que não é suficiente para impedir a incidência dos raios solares. Outro aspecto observado, principalmente na fachada oeste (figura 8), é a falta de reentrâncias, ou seja, falta de saliências na superfície que recebe por mais tempo a radiação solar, pois a superfície da fachada oeste é completamente plana, sendo que se tivesse alguma reentrância, esta poderia em algum momento fazer sombra para algumas aberturas que estão localizadas nesta fachada.



Figura 6 – Fachada sul – Edifício Aquarius.



Figura 7 – Fachada leste – Edifício Aquarius.



Figura 8 – Fachada oeste – Edifício Aquarius.

Conforme dados do memorial descritivo, a edificação tem área total construída de 4.495,22 m<sup>2</sup>. A supraestrutura é formada por pilares, vigas e lajes de concreto armado; as paredes (internas e externas) executadas com blocos cerâmicos assentados de 15 cm tanto interna como externamente; na cobertura utilizou-se estrutura de madeira, as telhas são de fibrocimento com espessura 6 mm; todas as portas de entrada e portas internas dos apartamentos são de madeira semi-oca, as portas das sacadas são de correr em alumínio anodizado; todas as janelas têm estrutura em alumínio anodizado, sendo que as janelas dos dormitórios possuem persianas e as demais apenas fechamento em vidro; todos os vidros são lisos, transparentes, com a espessura necessária de acordo com a área da esquadria (nunca inferior a 3 mm). No período em que foi realizada esta pesquisa a edificação já havia recebido pintura externa com tinta acrílica, na cor verde média (figura 9).



Figura 9 – Fachada norte – Edifício Aquarius.

No Edifício Aquarius selecionaram-se para o estudo, os apartamentos 203, 503 e 703 (figura 10).





## **B – Residencial Partenon**

Localizado na rua Paraná, no centro da cidade, com finalidade residencial, dividido em dois blocos (bloco A e bloco B), sendo que cada bloco possui 7 pavimentos “tipo” (seis apartamentos por andar), com um, dois e três dormitórios; no pavimento térreo estão localizadas as garagens. O entorno existente próximo ao Residencial Partenon também é caracterizado por residências de apenas um pavimento (figura 11). A vegetação que contorna o residencial é composta por árvores pequenas, de baixa estatura (figura 12), o que não impede a incidência dos raios solares. Esta edificação possui pequenas reentrâncias na fachada noroeste (figura 13), estas saliências podem amenizar os efeitos da radiação solar algumas horas do dia, pois elas produzem sombra dependendo da posição do sol.



Figura 11 – Fachada sudoeste – Residencial Partenon.





Figura 12 – Fachada sudeste – Residencial Partenon.



Figura 13 – Fachada noroeste – Residencial Partenon.

Conforme memorial descritivo, o Residencial Partenon tem área total construída de 7.766,839 m<sup>2</sup>. A supraestrutura é composta por pilares, vigas e lajes de concreto armado; as paredes foram executadas com blocos cerâmicos de 6 furos e possuem espessura de 15 cm, tanto interna como externamente; no pavimento térreo foram empregados tijolos maciços para as alvenarias externas (o térreo compreende hall de entrada e salão de festas), todas as paredes são rebocadas de todos os lados; na cobertura foi utilizada estrutura de madeira e as telhas são

de zinco; todas as janelas são em alumínio anodizado, sendo que os dormitórios possuem persianas externas em PVC, as demais possuem fechamento somente com vidro, as portas internas são de madeira semi-oca; todos os vidros são planos, transparentes, com espessura de 4 mm. No período em que foi realizada esta pesquisa a edificação já havia recebido pintura externa com tinta acrílica na cor amarela e em algumas partes o revestimento é com pastilha marrom (figura 14).



Figura 14 – Fachada nordeste – Partenon

No Residencial Partenon selecionou-se para o estudo, os apartamentos 205 do bloco B e 506 do bloco A (figura 15).



### 3.2 Instrumentos de Pesquisa

A coleta dos dados climáticos locais foi realizada através de um Medidor de Temperatura e Umidade, da marca Lutron HT – 3003 (figura 16), cedido pelo curso de Engenharia Mecânica da Unijuí – Laboratório de Termodinâmica, do campus Panambi, RS.



Figura 16 – Medidor de temperatura e umidade.

Os demais dados necessários para a realização da pesquisa foram coletados, conforme técnicas específicas:

- registros fotográficos que possibilitaram melhor visualização da edificação estudada;
- aplicação de um questionário (ANEXO B) aos moradores de cinco apartamentos, sendo três no Edifício Aquarius e dois no Residencial Partenon. As respostas possibilitaram obter informações sobre a satisfação dos usuários no que diz respeito ao conforto térmico dos apartamentos estudados;
- análise do projeto arquitetônico e dos memoriais descritivos dos edifícios, possibilitando a caracterização dos apartamentos no que diz respeito à orientação solar, especificação de materiais construtivos, aberturas, iluminação, etc.;
- visitas *in loco* para a coleta dos dados climáticos, especificação dos materiais construtivos, conferência das áreas internas, coleta dos dados necessários para a realização do cálculo de carga térmica, bem como verificação se a obra foi executada conforme o projeto arquitetônico.

## **4 RESULTADOS E ANÁLISES**

Neste capítulo apresenta-se a análise dos dados referentes à carga térmica dos ambientes estudados, aprofundada no que diz respeito aos materiais construtivos (parede, aberturas e cobertura). Também são analisados os resultados da avaliação por parte dos moradores, bem como são feitas recomendações técnicas e análise de custos necessários à obtenção das condições ideais de conforto térmico. Vale ressaltar que a avaliação foi um pouco prejudicada devido às condições climáticas do mês escolhido para a realização deste estudo. O mês de dezembro, época em que foi realizada a coleta dos dados de temperatura e umidade, caracterizou-se como um mês atípico: tempo instável, com muita chuva e/ou ausência de nuvens e ventos fortes. Devido a isso, os dados coletados não caracterizaram a pior situação para o desconforto a calor, que poderia ocorrer nos apartamentos analisados.

### **4.1 Carga térmica**

Entre os dados necessários para a realização do cálculo da carga térmica (ANEXO C), alguns têm grande influência no resultado final. Entre estes estão as condições climáticas do local de estudo, que envolvem fatores como a radiação solar, a temperatura, a umidade e o vento. Nas edificações analisadas percebeu-se que as principais trocas térmicas acontecem através dos fechamentos transparentes, quando sofrem incidência da radiação solar, pois alguns tipos de vidros a transmitem direta e integralmente para o interior da edificação, diferentemente do que acontece com os fechamentos opacos. As contribuições de calor de cada variável analisada em cada edificação e, principalmente, a grande contribuição dos fechamentos transparentes pode ser observada nos quadros 4, 5, 6, 7 e 8 que seguem:

**Quadro 4** – Carga térmica total e percentual de contribuição das diferentes variáveis

Edifício Aquarius – apto 203

Elemento -----	Contribuição de calor (%)	
	Persiana aberta	Persiana fechada
Parede externa	15,82	27,18
Abertura	3,02	5,18
Vidro	48,04	14,22
Iluminação Artificial	3,41	5,86
Infiltração	2,40	0,65
Equipamentos	27,31	46,91
-	<b>100%</b>	<b>100%</b>
Carga térmica total (W)	2.928,91 W	1.705,41 W

No apartamento 203, o ambiente de estudo foi o dormitório do casal. Através dos cálculos da carga térmica pode-se perceber que quando a persiana está aberta, ou seja, permitindo a incidência de radiação solar, esta se torna, através do vidro, o elemento que mais contribui para o aumento da carga térmica do dormitório, porém, quando a persiana está fechada e a radiação solar não penetra diretamente no ambiente, a maior contribuição de calor é dos equipamentos instalados. Percebe-se que a carga térmica quando a persiana está fechada é mais favorável, pois esta é reduzida em torno de 42% se comparada com a carga térmica existente quando a persiana esta aberta.

**Quadro 5** – Carga térmica total e o percentual de contribuição das diferentes variáveis

Edifício Aquarius – apto 503

Elemento -----	Contribuição de calor (%)	
	Persiana aberta	Persiana fechada
Parede externa	17,12	34,68
Abertura	3,62	7,35
Vidro	58,69	20,52
Ocupantes	15,21	30,84
Iluminação Artificial	3,05	6,17
Infiltração	2,31	0,44
-	<b>100%</b>	<b>100%</b>
Carga térmica total (W)	1.971,45 W	972,47 W

No apartamento 503, o ambiente de estudo foi o dormitório dos filhos. Pode-se observar através dos cálculos da carga térmica que as maiores contribuições de calor vêm de três elementos, que são a parede externa, o vidro e os ocupantes do dormitório. Neste apartamento, os ocupantes permanecem no ambiente durante o horário em que ocorre a maior incidência da radiação solar, que é durante o período da tarde, na abertura não há cortina ou qualquer outra proteção que não seja a persiana, e mesmo quando esta é totalmente fechada, não permitindo a entrada de claridade no ambiente, a parede transmite a maior parcela de radiação solar. Quando a persiana está aberta, o vidro se torna o elemento que mais contribui para o aumento da carga térmica do dormitório, pois este permite a penetração direta da radiação solar. Novamente, pode-se perceber que a carga térmica é reduzida em torno de 50% quando a persiana está fechada, se comparada com a carga térmica existente quando a persiana está aberta.

**Quadro 6** – Carga térmica total e o percentual de contribuição das diferentes variáveis  
Edifício Aquarius – apto 703

<b>Elemento</b>	<b>Contribuição de calor (%)</b>	
	<b>Persiana aberta</b>	<b>Persiana fechada</b>
-----		
Parede externa	11,63	17,57
Abertura	2,75	4,15
Vidro	37,09	9,66
Ocupantes	9,61	14,54
Iluminação Artificial	1,73	2,61
Infiltração	3,83	1,07
Cobertura	26,94	40,72
Equipamento	6,42	9,68
-	<b>100%</b>	<b>100%</b>
Carga térmica total (W)	3.119,86 W	2.064,62 W

O apartamento 703 é o único localizado na cobertura, e devido a isso recebe uma contribuição de calor a mais que os outros apartamentos. O ambiente analisado é uma sala de TV, e pode-se perceber que quando a persiana está aberta novamente o vidro se torna o maior responsável pela contribuição de calor, seguido da cobertura composta por laje de concreto, na qual é apoiada estrutura de madeira; as telhas são de fibrocimento 6 mm, e conforme observações, a cobertura não é ventilada. Quando a persiana é fechada, a maior contribuição

de calor passa a ser da cobertura, seguida da parede localizada na face oeste. Apesar de ter uma carga térmica elevada, como pode ser observado, o ambiente analisado, segundo o morador, não é considerado desconfortável em situações de calor, pois estando localizado na cobertura, ou seja, em um nível mais elevado que os outros apartamentos, também ocorre maior incidência de ventos, que facilita a circulação e renovação do ar, tornando o ambiente agradável. Quando a persiana é fechada, reduz a carga térmica em 34%, comparando com a situação em que a persiana encontra-se aberta.

**Quadro 7** – Carga térmica total e percentual de contribuição das diferentes variáveis  
Residencial Partenon – apto 205

Elemento	Contribuição de calor (%)	
	Persiana aberta	Persiana fechada
-----		
Parede externa	10,76	17,10
Abertura	0,45	0,70
Vidro	46,60	15,42
Ocupantes	8,25	13,12
Iluminação Artificial	3,30	5,24
Infiltração	0,38	0,33
Equipamentos	30,26	48,09
-	<b>100%</b>	<b>100%</b>
Carga térmica total (W)	1.817,27	1.143,72

Os apartamentos do Residencial Partenon estão melhor posicionados no que diz respeito à orientação solar noroeste. No apartamento 205, o ambiente de estudo foi o dormitório do filho. Por ser um ambiente com uma área relativamente pequena se comparado com os outros, ocorre uma forte contribuição dos equipamentos instalados, pode-se perceber que quando a persiana encontra-se aberta, novamente o vidro é o principal contribuinte na carga térmica, porém quando esta é fechada os equipamentos instalados seguidos do fechamento opaco se tornam fatores determinantes para que este ambiente se torne desconfortável. O revestimento externo da fachada em estudo recebeu pintura na cor amarela claro, o que faz com que a radiação solar seja refletida e não absorvida pela parede. Percebe-



se que a carga térmica quando a persiana está fechada se torna mais favorável, pois esta é reduzida em torno de 37% se comparada com a carga térmica existente quando a persiana está aberta.

**Quadro 8** – Carga térmica total e percentual de contribuição das diferentes variáveis  
Residencial Partenon – apto 506

Elemento	Contribuição de calor (%)			
	Cortina fechada Vidro aberto	Cortina aberta Vidro fechado	Cortina e vidro fechado	Cortina e vidro aberto
Parede externa	13,00	12,03	13,21	11,86
Abertura	1,86	1,74	1,92	1,72
Vidro	48,46	53,77	49,22	52,98
Ocupantes	7,20	6,67	7,32	6,56
Iluminação Artificial	7,68	7,12	7,82	7,00
Infiltração	2,58	0,89	0,98	2,36
Equipamentos	19,22	17,78	19,53	17,52
-	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>
Carga térmica total (W)	2.081,52W	2.249,39W	2.047,79W	2.283,12W

No apartamento 506 foi escolhido como ambiente de estudo a sala de estar/jantar, que possui uma de suas fachadas voltadas para o noroeste. Diferentemente de todos os outros ambientes analisados, este não utiliza persianas para o fechamento da janela, e sim uma cortina translúcida. Através dos cálculos da carga térmica é possível perceber que independente da posição que estiver a abertura (vidro aberto ou fechado com a cortina aberta ou fechada) o vidro é o responsável pela maior contribuição de calor seguido dos equipamentos e do fechamento opaco. Porém, percebe-se que quando a cortina está aberta, a contribuição de calor é ainda maior, já que a radiação solar passa a incidir diretamente para dentro do ambiente, tornando-o muito quente. Outra observação importante é o revestimento da parede externa, para este apartamento o revestimento da fachada em estudo é pastilha cerâmica na cor marrom escuro, e sabe-se que as cores escuras absorvem calor e o transmitem para o interior da edificação. Através dos cálculos da carga térmica, é possível perceber que quando a cortina está fechada é um pouco mais favorável, pois a carga térmica reduz em torno de 8% se comparada com a carga térmica existente quando a cortina está aberta.

## **4.2 Análise dos materiais construtivos empregados nas edificações estudadas**

### **4.2.1 Fechamentos opacos**

Os fechamentos opacos em ambas as edificações estudadas foram executados com o mesmo material. Os blocos utilizados são cerâmicos e têm função somente de vedação, a espessura das paredes é de 15 cm.

Não é apenas o bloco cerâmico o único responsável pela contribuição de calor aos ambientes, pois estes blocos recebem revestimentos, e estes também influenciam, pois uma parte da radiação incidente no fechamento opaco é refletida e outra absorvida, isto vai depender da absorvidade da refletividade do material, sendo que a absorvidade é dada em função da cor, quanto mais clara for a cor utilizada na pintura externa na edificação, menos radiação os fechamentos opacos irão absorver e menos calor irão transmitir para as áreas internas do edifício. O tipo de material e a espessura também influenciam, pois a transmitância térmica dos materiais construtivos é variada; a radiação solar é de grande importância, pois é fornecida para o momento mais extremo de calor, neste caso adotou-se  $I=700 \text{ W/m}^2$ , que foi o valor encontrado na cidade de Panambi, a cidade mais próxima de Ijuí que possuía esta informação.

Durante a coleta dos dados de temperatura e umidade, as condições climáticas eram diferentes, pois no dia da primeira coleta ventava muito, porém a temperatura estava elevada, já na segunda coleta de dados a temperatura também se encontrava muito elevada mas não tinha vento. Considerando este aspecto, pode-se dizer que estas diferenças climáticas não tiveram muita influência nos resultados dos cálculos de carga térmica, o que se pode considerar relevante são mesmo os materiais componentes das diferentes variáveis (fechamentos opacos e transparentes, equipamentos, entre outros) que permitem aumentar ou diminuir a contribuição de calor de cada elemento.

#### 4.2.2 Aberturas

As aberturas são de grande importância para um ambiente, pois segundo Lamberts, Dutra & Pereira (1997), as principais trocas térmicas em uma edificação acontecem através delas, principalmente através do vidro, quando este é utilizado para o seu fechamento.

É fundamental estar atento a alguns detalhes que devem ser observados ainda na hora da concepção do projeto, evitando assim o desconforto do usuário com a situação estabelecida. Detalhes como a orientação e o tamanho da abertura, com o tipo de vidro e com o uso ou não de proteções solares, sejam elas internas ou externas.

A orientação e o tamanho da abertura irão determinar sua exposição ao sol. Quanto maior abertura, maior a quantidade de calor que pode entrar ou sair do ambiente. A orientação da fachada pode expor aberturas de dimensões idênticas a quantidades de calor solar e iluminação distintas (LAMBERTS, DUTRA & PEREIRA, 1997). No caso das fachadas oeste, estas recebem todo o sol da parte da tarde, devido a isso os ambientes localizados nesta fachada geralmente são mais quentes, esta pesquisa procurou explorar estes ambientes, para confirmar esta situação.

Ainda tratando de aberturas, pode-se citar os vidros que, segundo Lamberts, Dutra & Pereira (1997), têm geralmente alta transmitância térmica, ou seja, são bons condutores de calor. É através dos vidros que podemos controlar a quantidade de luz e calor que penetra no ambiente, pois existem vários tipos de vidros, e as características de cada tipo determinam a melhor forma de utilizá-los.

Nas edificações estudadas encontrou-se dois tipos de vidro, que foram o vidro simples transparente de 3 mm ( $F_s 0,87$ ), no Edifício Aquarius, e o vidro cinza (fumê) 3 mm ( $F_s 0,72$ ) no Residencial Partenon, cada um possui um fator solar (razão entre a quantidade de energia solar que atravessa a janela pelo que nela incide) diferente. Através dos cálculos de carga térmica, pode-se perceber que de todos os elementos, o que mais contribui para o aquecimento do ambiente é o fechamento transparente (vidro), observando esta contribuição nota-se que ela é menor no ambiente do apartamento 205 do Residencial Partenon, que utiliza o vidro cinza 3 mm, comparando este com o apartamento 203 do Edifício Aquarius, que utiliza vidro transparente 3 mm.

A infiltração de ar nos ambientes estudados é relativamente baixa e tem pouca influência na carga térmica dos ambientes; o tipo de janela é o mesmo nas duas edificações; a maior diferença de infiltração ocorre principalmente entre o apartamento da cobertura e os outros, já que na cobertura ocorre mais infiltração devido a velocidade do vento que é maior, fazendo com que o ambiente se torne mais agradável. Sendo a persiana o tipo de abertura adotado nas duas edificações estudadas, é possível perceber que esta é eficiente quando se trata de impedir a penetração da radiação solar nos ambientes, pois é composta de um material plástico que sombreia toda a abertura, e possui um fator solar ( $F_s$ ) de 0,15, a sua utilização permite uma sensível redução na contribuição de calor do vidro como pode ser observado nos cálculos de carga térmica. Já no único apartamento que não possui persiana (apto 506), somente cortina translúcida, a redução da contribuição de calor é muito pequena. Em se tratando da infiltração de ar, a persiana demonstra não ser a mais indicada, pois a mesma não permite infiltração suficiente, conforme os cálculos de carga térmica, se fazendo necessário a utilização de climatizadores artificiais, de acordo com o que foi observado pelo próprio pesquisador.

#### **4.2.3 Cobertura**

Somente um dos apartamentos estudados possui cobertura, este está localizado no Edifício Aquarius, e pode-se perceber que esta contribui sensivelmente na quantidade de calor transmitida para dentro do ambiente. Como não se pode fazer comparativos com a outra edificação, acredita-se mesmo assim que como a percentagem de contribuição de calor se aproximou bastante da contribuição de calor do vidro, este é mais um elemento que pode ter sua parcela de transmissão de calor reduzida, se for estruturada corretamente e construída com material adequado.

#### **4.3 Avaliação do conforto térmico pelos usuários dos ambientes estudados**

A validade desta metodologia está diretamente ligada ao usuário da edificação, pois é ele quem fornece as informações para que o investigador as manipule de acordo com o seu conhecimento.

A cidade de Ijuí não está habituada a este tipo de pesquisa, por isso encontrou-se grande dificuldade com os moradores locais, pois os mesmos nem sempre estavam dispostos a responder o questionário e tão pouco permitir a entrada do pesquisador no apartamento. Foi muito trabalhoso convencer as pessoas da necessidade e do benefício que este tipo de pesquisa pode trazer a eles, usuários das edificações. Ao todo foi possível analisar cinco apartamentos, sendo que quatro responderam ao questionário de forma integral e apenas um respondeu de forma parcial.

Dos moradores do Edifício Aquarius que responderam ao questionário, a maioria acredita que a área social do apartamento é a mais confortável e que em geral há boa circulação de ar no interior do apartamento, todos reclamam que os quartos são muito quentes, e que isso não ocorre somente no período da tarde, mas também à noite. Cabe lembrar que todos os quartos analisados possuem aberturas na fachada oeste.

Já no Residencial Partenon, os moradores também consideram os quartos as áreas mais quentes dos apartamentos durante o verão; já no inverno todos afirmam que o apartamento é muito confortável e que a temperatura é muito agradável, não necessitando muitos agasalhos para se sentir bem.

Nas questões relacionadas diretamente à época do ano em que foi aplicado o questionário, pode-se ver a opinião dos moradores no quadro 9.

**Quadro 9** – Resultado da aplicação dos questionários aos moradores dos apartamentos

<b>Apartamento</b>	<b>Com relação à sensação térmica como você se sente durante a maior parte do tempo que permanece no recinto?</b>	<b>Qual é o horário de maior desconforto ao calor?</b>	<b>Qual atividade é realizada no momento de maior desconforto ao calor?</b>	<b>Como você se sente neste momento em relação ao calor?</b>
Aquarius 203	-	Tarde	Nenhuma	-
Aquarius 503	Levemente c/ calor	Tarde	Crianças dormem	Neutro
Aquarius 703	Levemente c/ calor	Final da tarde	Assistir TV	Levemente c/ calor
Partenon 205	Levemente c/ calor	Final da tarde	Trab. computador	Levemente c/ calor
Partenon 506	Com calor	Tarde	Assistir TV	Com muito calor

#### 4.4 Recomendações técnicas para atingir o conforto térmico nos ambientes selecionados

Existem muitas recomendações a se fazer a uma edificação que possui problemas térmicos, inclusive porque não se pensou nisso na hora de projetar a mesma, e as modificações depois que a edificação está pronta e inclusive habitada, se tornam mais difíceis tanto tecnicamente quanto do ponto de vista econômico.

Para cada elemento de projeto que tem influência na carga térmica da edificação pode-se fazer recomendações, porém é necessário que se altere os elementos que têm maior contribuição, que seriam os fechamentos opacos (paredes externas e coberturas), os fechamentos transparentes (vidros da janela) e em alguns casos os equipamentos que se encontram dentro dos ambientes. Cabe ressaltar que o envolvimento do engenheiro é limitado, pois há algumas situações nas quais ele não pode intervir, como por exemplo, nos equipamentos utilizados pelos usuários dos apartamentos.

**Fechamentos opacos** – para diminuir a contribuição de calor deste elemento, poderia ter se escolhido, na etapa de projeto das edificações, um bloco cerâmico com índice de transmitância térmica inferior, ou ao menos os blocos utilizados deveriam ser assentados na sua maior dimensão. Esta mudança pode contribuir para a redução da contribuição de calor deste material. Poderia também se optar por outro bloco cerâmico, ou por se fazer paredes duplas apenas na fachada oeste, que é a mais favorável para o desconforto térmico a calor. É necessário dar atenção também ao tipo de revestimento utilizado e à cor aplicada ao mesmo, pois este também faz parte dos fechamentos opacos, é aconselhável a utilização de cores claras, devido estas refletirem a maior parte da radiação solar, enquanto que cores escuras absorvem a radiação, transmitindo calor para o interior dos ambientes.

**Vidros** – estes já foram muito comentados por serem os de maior influência na contribuição de calor, porém existem alguns meios de amenizar os seus efeitos, que são através das proteções solares, como cortinas, toldos, e o uso de persianas, também é possível usar outros tipos de vidro que não sejam os transparentes e vidros mais espessos (maior que 3 mm). Pode-se também optar por uma camada de ar entre os vidros, pois isso também ajuda no isolamento térmico.

**Equipamentos** – os ambientes avaliados, em sua maioria, possuíam mais de um equipamento, e estes também desprendem calor. É aconselhável evitar o acúmulo de equipamento eletro-eletrônicos nestes ambientes (na fachada oeste) para evita o aumento da carga térmica.

**Orientação solar** – quando o terreno permitir, o ideal é que os ambientes situados na fachada oeste não sejam os mais utilizados pelos usuários da habitação, ou que ao menos as aberturas não estejam voltadas para esta fachada. Outro fator importante a ser considerado é a ventilação que deve haver no apartamento, independente do pavimento as aberturas devem facilitar a ventilação. Outra opção para melhorar o condicionamento térmico nos ambientes de uma edificação, é facilitar a ventilação cruzada, esta é obtida através da circulação de ar pelos ambientes. Também se deve atentar para os ventos predominantes na região e para o entorno, pois este pode alterar significativamente a direção dos ventos.

**Cobertura** – para que a contribuição de calor da cobertura não seja tão elevada, deve-se fazer o uso dos materiais oferecidos no mercado, que possuem propriedade isolantes, como por exemplo, as mantas asfálticas, também é adequado, quando possível, o uso de telha de barro, que possui desempenho térmico melhor que a telha de fibrocimento.

#### **4.5 Análise de custos do conforto térmico nas edificações selecionadas**

Os custos para se obter um nível satisfatório de conforto térmico podem não ser tão elevados se a decisão do material a ser utilizado for tomada ainda durante a etapa de projeto. Muitas vezes, os materiais que proporcionam melhor isolamento térmico têm um custo mais elevado, porém o benefício obtido com este material é compensado com o conforto térmico que se obtém. Sendo os fechamentos opacos, fechamentos transparentes e a cobertura os elementos com maior contribuição de calor, e ainda, os elementos nos quais o técnico pode intervir, apresenta-se a análise de custos simplificada, mostrando a viabilidade das possíveis alterações nos quadros 10, 11 e 12.

**Quadro 10** – Estudo comparativo de custos para obtenção de conforto térmico através dos fechamentos opacos

	<b>Transmitância Térmica (U)</b>	<b>R\$/m<sup>2</sup></b>
Existente <i>Bloco 6 furos + revestimento (esp. 15 cm)</i>	2,28	39,20
Proposto <i>Bloco 6 furos + revestimento (esp. 20 cm)</i>	1,92	50,00

O material proposto é o mesmo que o material existente, porém posicionado de forma diferente pode-se perceber que somente alterando a posição do bloco a transmitância térmica (inverso da resistência térmica total) do material é reduzida em 18%, e o custo do material para realizar esta alteração aumenta em torno de 27%.

**Quadro 11** – Estudo comparativo de custos para obtenção de conforto térmico através dos fechamentos transparentes

	<b>Fator Solar (FS)</b>	<b>R\$/m<sup>2</sup></b>
Existente <i>Vidro simples transp. 3 mm</i>	0,87	35,00
Proposto <i>Vidro simples transp. 6 mm</i>	0,83	70,00
Proposto <i>Vidro fumê 3 mm</i>	0,72	48,00
Proposto <i>Vidro fumê 6 mm</i>	0,60	92,00

Para os fechamentos transparentes, é importante salientar que no valor apresentado não está incluído o valor da esquadria, somente o valor do vidro, e que a utilização de vidro duplo implicaria em aumento do custo da esquadria. O vidro utilizado na maioria das



edificações é o transparente simples 3 mm, e o seu fator solar (razão entre a quantidade de energia solar que atravessa a janela pelo que nela incide) é 4,8% maior que o FS (Fator Solar) do vidro transparente simples 6 mm, 20,8% maior que o FS do vidro fumê 3 mm e 45% maior que o FS do vidro fumê 6 mm. Assim como o FS diminui se aumentamos a espessura do vidro, ou modificamos a sua coloração (no caso do vidro fumê) o custo destes tipos de vidro também aumenta, porém em alguns casos não compensa fazer a troca, como por exemplo substituir o vidro transparente simples 3 mm pelo vidro transparente simples 6 mm, pois o custo aumentaria 100%, e a redução do FS é mínima, como já citado anteriormente, o que torna esta opção inviável. No caso do vidro fumê 3 mm o custo aumenta em torno de 37%, e para o vidro fumê 6 mm aumenta em torno de 162%, o que se torna inviável, dependendo do padrão da obra.

O que se mostra mais adequado é o vidro fumê 3 mm, que oferece boa redução do FS, e aumento de custo viável.

**Quadro 12** – Estudo comparativo de custos para obtenção de conforto térmico através da cobertura

	<b>Transmitância Térmica (U)</b>	<b>R\$/m<sup>2</sup></b>
Existente <i>Laje 10 cm + fibrocimento</i>	2,04	32,70
Proposto <i>Laje 10 cm + manta asfáltica de alumínio+ fibrocimento</i>	1,09	43,10

Na cobertura propõe-se a colocação de uma manta asfáltica, já que depois de pronta, se torna difícil e caro modificar a estrutura da cobertura. A utilização da manta asfáltica aumentaria em torno de 32% o custo da cobertura, porém reduziria a transmitância térmica em torno de 53,4%, o que torna viável esta modificação.

Cabe ressaltar que todas as substituições propostas são feitas com materiais alternativos e estão baseadas em materiais existentes no mercado local, também não está incluso o valor da mão-de-obra para a realização das modificações.

## CONCLUSÃO

Os parâmetros relativos ao conforto ambiental são decisivos no sentido de estabelecer o bom desempenho do projeto; entretanto, via de regra, sua importância só é constatada no dia-a-dia da edificação e no seu uso.

A importância deste estudo é percebida geralmente quando a edificação já está pronta e habitada, no entanto, após a conclusão da obra se torna difícil, mas não impossível, intervir em algumas variáveis já estabelecidas durante a etapa de projeto. Por exemplo, o sistema construtivo, que envolve os materiais de construção, altura do pavimento, tipos de abertura e cobertura, são variáveis de difícil substituição depois da obra concluída em função do custo e outros inconvenientes técnicos. Existem também as variáveis ambientais como o sol, a chuva, o vento, a radiação solar; nestas variáveis não é possível a intervenção do homem, é necessário submeter-se da forma mais adequada às condições impostas.

Os objetivos inicialmente propostos para a presente pesquisa foram atingidos: cálculo da carga térmica e análise do desempenho térmico ao calor de alguns compartimentos internos, avaliação do conforto térmico ao calor pelos usuários, análise de custos simplificada para as variáveis de maior influência e recomendações para as edificações selecionadas, no que diz respeito às variáveis que influenciam diretamente o conforto térmico.

Alcançar a qualidade no projeto, com um custo cada vez menor, é um dos desafios de quem trabalha com conforto térmico, climatização ou adequação energética. Nas edificações analisadas, os problemas de projeto compreendem desde a escolha e o emprego dos materiais, até a implantação da edificação no terreno.

Os resultados desta pesquisa reforçam as afirmações de Lamberts, Dutra & Pereira (1997), ou seja, as principais trocas térmicas em uma edificação acontecem geralmente nos fechamentos transparentes, que compreendem janelas, clarabóias e qualquer outro elemento transparente na arquitetura. Em ambas as edificações a maior contribuição de calor ocorre através dos vidros da janela, que por sua vez estão voltadas para a fachada oeste. Esta contribuição poderia ser reduzida caso a orientação solar fosse adequada e o vidro utilizado tivesse um fator solar menor.

Os resultados desta pesquisa reinteram que a orientação solar é de fundamental importância na concepção do projeto, no que diz respeito ao conforto térmico. Observa-se que saliências e reentrâncias podem auxiliar na redução da incidência da radiação solar nas fachadas, pois as mesmas podem em alguns momentos sombrear as aberturas, diminuindo a contribuição de calor dos vidros.

Várias foram às dificuldades encontradas para a realização deste trabalho. Como a pesquisa exigia dados climáticos e o tempo para a realização da mesma era muito curto, no período de coleta das informações não foi possível aguardar os dias mais propícios para a obtenção dos dados. A seleção dos edifícios foi ideal para este estudo, pois as edificações são de padrões diferentes, e também possuem orientação solar diferenciada, o que faz com que o comportamento das mesmas seja diferente. A metodologia utilizada mostra a importância da opinião dos usuários, já que os mesmos detectam os problemas existentes a longo prazo, relatando-os para o pesquisador que, como técnico, consegue avaliar possíveis soluções para melhorar o conforto térmico dos usuários.

Concordo com Ornstein (1992), que a avaliação de fatores técnicos, funcionais, econômicos, estéticos e comportamentais do ambiente em uso, tendo em vista tanto a opinião dos técnicos, projetistas e clientes, como também dos usuários, possibilita diagnosticar os aspectos positivos e negativos, e a partir destes dados tecer recomendações.

A cidade de Ijuí está em forte ritmo de crescimento, principalmente no setor da construção civil. O presente trabalho traz um tema relativamente novo, ao menos no que diz respeito às construções locais, o que confirma a premissa citada no início deste trabalho. É necessário, portanto, dar continuidade ao estudo, permitindo futuramente um aprofundamento sobre o tema, e talvez um detalhamento técnico do que seria mais adequado para esta região de acordo com o clima local, lembrando que este estudo traz informações apenas sobre o

desconforto a calor. Este detalhamento requer análise de outras variáveis, que devido ao curto espaço de tempo não foram citadas nem analisadas neste estudo, são as variáveis que dizem respeito às questões urbanas, como a legislação local (plano diretor), localização do empreendimento, tamanho do lote, as questões sociais, como perfil econômico do usuário, e as questões técnicas relativas a edificação, como o padrão de acabamento, entre outros.

## REFERÊNCIAS

AKUTSU, M. & VITTORINO, F. **Crítérios para a avaliação do desempenho térmico de edificações não condicionadas**. A construção. São Paulo, Encarte Técnico IPT/PINI, n° 39, 1992. p. 21-24.

ALMANAQUE ABRIL. São Paulo: Editora Abril, 1995.

AZAMBUJA, Bernadete et al. **Ijuí – Atlas escolar**. Ijuí: Ed. Unijuí, 1994.

CARNEIRO, C. M. O papel do projeto arquitetônico na racionalização do consumo de energia elétrica na edificação. In: **Tecnologia de edificações**. São Paulo: IPT/PINI, 1988.

COMITÊ Brasileiro de Construção Civil. **Desempenho térmico de edificações**. Zoneamento Bioclimático Brasileiro e Diretrizes Construtivas para Habitações Unifamiliares de Interesse Social. Parte 3, Projeto 02:135.07-003:1998.

CONSTRUÇÃO E MERCADO. Cotações. São Paulo: Pini, n° 27, out/2003.

COSTA, Ennio Cruz. **Arquitetura ecológica**. Condicionamento térmico natural. São Paulo: Ed. Edgard Blücher, 1982.

DUARTE, Denise; SERRA, Geraldo Gomes. Padrões de ocupação do solo e microclimas urbanos. **Revista TÉCNICA**, jul/2002. p. 46.

ESCOLA SUPERIOR DE TECNOLOGIA DE SETUBAL – PORTUGAL. **Laboratório de termodinâmica**. Disponível em [http://www.est.ips.pt/cursos/termodinamica/guia\\_ar\\_cond\\_.pdf](http://www.est.ips.pt/cursos/termodinamica/guia_ar_cond_.pdf). Acesso em: 19/01/2004.

FERNANDES, Ana Eliza Pereira. A influência do vidro no consumo de energia em edificações. In: **Tecnologia e gestão na produção de edifícios**. São Paulo, 1998, p. 627.

FURASTÉ, Pedro Augusto. **Normas técnicas para o trabalho científico**. 12. ed. Porto Alegre: s/n., 2003.

GELLER, H. **O uso eficiente da eletricidade** – uma estratégia para de desenvolvimento para o Brasil. Rio de Janeiro: INEE/ACEEE, 1994.

INTERNET. Disponível em <<http://www.alosolar.com.br.htm>>. Acesso em: 18 de setembro de 2003.

\_\_\_\_\_. Disponível em <<http://www.casaautonoma.com.br/conceito/bioclima.htm>>. Acesso em: 19 de setembro de 2003.

JORNAL DA MANHÃ. **Ijuí comemora 113 anos apostando no crescimento**. Ijuí: Gráfica Sentinela, out/2003. p. 7.

LAMBERTS, Roberto; DUTRA, Luciano; PEREIRA, Fernando O. R. **Eficiência energética na arquitetura**. São Paulo: PW Editores, 1997.

MASCARÓ, Juan Luis. **O custo das decisões arquitetônicas**. São Paulo: Nobel, 1985.

MASCARÓ, Lucia R. de. **Luz, clima e arquitetura**. Porto Alegre: Edições técnicas, 1981.

MICHAEL, Rosemeri. **O conceito de sustentabilidade aplicado a uma edificação na cidade de Ijuí – RS**. Ijuí: UNIJUÍ, 2001. Trabalho de Conclusão de Curso, Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, 2001.

NOGUEIRA, Marta Cristina de Jesus; NOGUEIRA, José de Souza **Educação, meio ambiente e conforto térmico: caminhos que se cruzam**. Disponível em <<http://www.inmet.gov.br.htm>>. Acesso em: 19/set/2003.

ORNSTEIN, Sheila. **Avaliação pós-ocupação do ambiente construído**. São Paulo: Studio Nobel/Editora da Universidade de São Paulo, 1992. 223 p.

\_\_\_\_\_; BRUNA, Gilda; ROMÉRO, Marcelo. **Ambiente construído e comportamento: a avaliação pós-ocupação e a qualidade ambiental**. São Paulo: Nobel/FAUUSP/FUPAM, 1995. 216 p.

RORIZ, M. **Zona de conforto térmico: um estudo comparativo de diferentes abordagens**. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1986. Disponível em <<http://www.usp.com.br.htm>>. Acesso em: 22/11/2003.

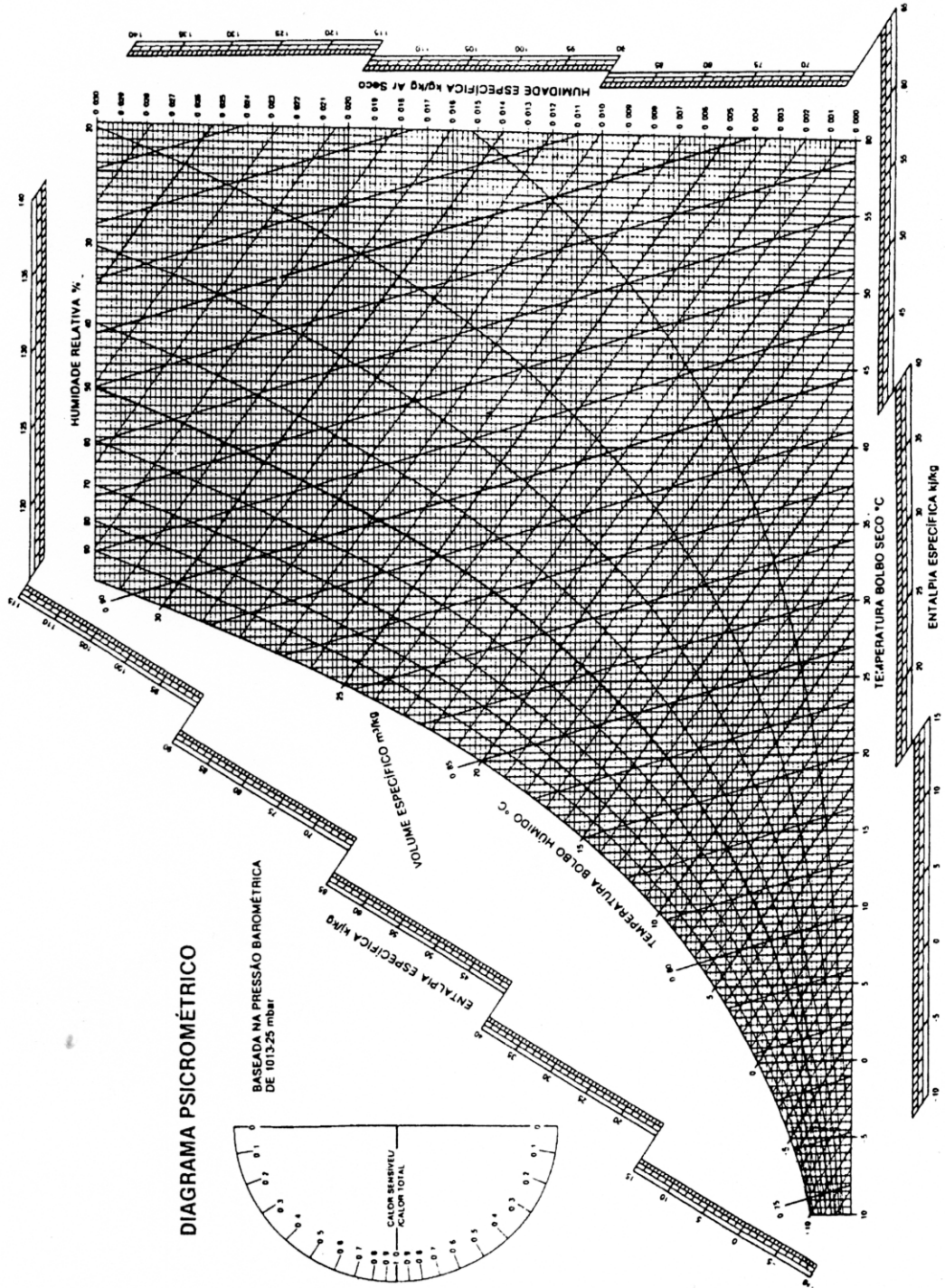
## **ANEXOS**

**Anexo A**

**DIAGRAMA PSICROMÉTRICO**



# DIAGRAMA PSICROMÉTRICO



**Anexo B**

**QUESTIONÁRIO**



QUESTIONÁRIO n° \_\_\_\_\_ Apto \_\_\_\_\_

Data: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

Hora: \_\_:\_\_

Edifício: \_\_\_\_\_

Recinto: \_\_\_\_\_

Temperatura interna: \_\_\_\_\_°C

Temperatura externa: \_\_\_\_\_°C

Umidade Relativa interna: \_\_\_\_\_%

Umidade Relativa externa: \_\_\_\_\_%

Sexo: ( ) Fem ( ) Mas

Idade: ( ) Jovem

( ) Adulto

( ) Idoso

Com relação à sensação térmica, como você se sente durante a maior parte do tempo que permanece no recinto?

( ) Com muito calor ( ) Com calor ( ) Levemente com calor ( ) Neutro

Qual o horário de maior desconforto? \_\_\_\_\_

Qual atividade é realizada neste momento? \_\_\_\_\_

Como você se sente neste momento?

( ) Com muito calor ( ) Com calor ( ) Levemente com calor ( ) Neutro

Vestimenta do morador: \_\_\_\_\_

Vestimenta do entrevistador: \_\_\_\_\_

Fale sobre conforto/desconforto térmico (frio/calor) no apartamento: \_\_\_\_\_

---

---

---

---

---

Dados necessários para o cálculo da carga térmica:

Área do recinto: \_\_\_\_ x \_\_\_\_ = \_\_\_\_ m<sup>2</sup>

Pé-direito: \_\_\_\_\_ m

Cor interna: \_\_\_\_\_

Cor externa: \_\_\_\_\_

Localização da janela:

Direção: \_\_\_\_\_

Tamanho: \_\_\_\_\_

Qtd: \_\_\_\_\_

Tipo de vidro: \_\_\_\_\_

Material de construção utilizado nas paredes: \_\_\_\_\_

Tipo de iluminação: \_\_\_\_\_

Qtd: \_\_\_\_\_

Equipamento: \_\_\_\_\_

Qtd: \_\_\_\_\_

## **Anexo C**

# **CÁLCULOS DE CARGA TÉRMICA**



## RESIDENCIAL PARTENON

- Pé-direito: 2,50 m
- Janelas localizadas na direção oeste - infiltração (com a persiana fechada) = 10%; infiltração (com a persiana aberta) = 35%; para o apto. 506 que possui cortina ao invés de persiana adotar infiltração = 10% com o vidro fechado e 50% quando o vidro está aberto.
- Paredes: tijolo furado (6 furos); espessura total da parede= 15 cm
- Cor: externa – amarelo claro (apto-205); pastilha marrom (apto-506)
- Vidro cinza (fumê) = 3 mm
- Data do cálculo: 07 de janeiro de 2004
- Latitude: 28° 23' 17"
- Radiação solar: 700 W/m<sup>2</sup>
- Densidade do ar: 1,2 kg/m<sup>3</sup>
- Calor específico do ar: 1000 J/kg
- Resistência superficial externa – Rse = 0,04 m<sup>2</sup>K/W (adotada)
- Fator solar (Fs) para aberturas vidro cinza (fumê) 3 mm = 0,72
- Fator solar (Fs) para aberturas com cortina translúcida = 0,6
- Fator solar (Fs) para abertura considerando a persiana fechada = 0,15

Os demais dados necessários para o cálculo da carga térmica são características individuais de cada apartamento e foram coletados na visita realizada ao apartamento, onde também se obteve informações através de um questionário aplicado aos moradores.

## APARTAMENTO 205

### 1. Condução pelo fechamento opaco (Qfo)

$$Q_{fo} = q_{fo} \times A_{fo}$$

$$q_{fo} = U(\alpha R_{se} + (t_e - t_i))$$

$$q_{fo} = 2,28(0,6 \times 700 \times 0,04 + (32 - 31))$$

$$q_{fo} = 40,58$$

$$A_A = 6,50 - 1,68 = 4,82 m^2$$

$$Q_{fo} = 40,58 \times 4,82 = 195,60 W$$

### 2. Condução pela abertura (QA)

$$Q_A = q_A \times A_A$$

$$q_A = U(t_e - t_i)$$

$$q_A = 4,79(32 - 31) = 4,79 W / m^2$$

$$A_A = 1 \times 1,40 \times 1,20 = 1,68 m^2$$

$$Q_A = 4,79 \times 1,68 = 8,05 W$$

### 3. Ganho solar pelo vidro (QS)

Com a persiana aberta

$$Q_S = q_S \times A_A$$

$$q_S = FS \times I$$

$$q_S = 0,72 \times 700 = 504$$

$$A_A = 1 \times 1,40 \times 1,20 = 1,68 m^2$$

$$Q_S = 504 \times 1,68 = 846,72 W$$

Com a persiana fechada

$$Q_S = q_S \times A_A$$

$$q_S = FS \times I$$

$$q_S = 0,15 \times 700 = 105$$

$$A_A = 1 \times 1,40 \times 1,20 = 1,68 m^2$$

$$Q_S = 105 \times 1,68 = 176,40 W$$

#### 4. Ganho de calor dos ocupantes (QO)

Atividade leve – 150 w de calor

$$Q_o = 150 \times \text{ocupante} = 150W$$

#### 5. Ganho por iluminação artificial (Qi)

$$Q_i = Q_{\text{lâmpada}}$$

$$Q_{\text{lâmpada}} = 1 \times 60 = 60W$$

$$Q_{\text{lâmpada}} = 60W$$

#### 6. Ganho de calor por infiltração de ar (QiA)

Com a persiana fechada

**Calor sensível**  $Q_{SE} = \rho c V \Delta t$

$$V = (0,10 \times 9,36 \times 2,5) \div 3600 = 0,00065 m^3 / s$$

$$Q_{SE} = 1,2 \times 1000 \times 0,00065 \times (32 - 30,3) = 1,33W$$

**Calor latente**  $Q_{LA} = \Delta_E V \rho$

$$Q_{LA} = (74.000 - 71.000) \times 0,00065 \times 1,2 = 2,34W$$

$$Q_{iA} = Q_{SE} + Q_{LA}$$

$$Q_{iA} = 1,33 + 2,34 = 3,67W$$

Com a persiana aberta

**Calor sensível**  $Q_{SE} = \rho c V \Delta t$

$$V = (0,35 \times 9,36 \times 2,50) \div 3600 = 0,0023 m^3 / s$$

$$Q_{SE} = 1,2 \times 1000 \times 0,0023 \times (32 - 31) = 2,76W$$

**Calor latente**  $Q_{LA} = \Delta_E V \rho$

$$Q_{LA} = (74.000 - 72.500) \times 0,0023 \times 1,2 = 4,14W$$

$$Q_{iA} = Q_{SE} + Q_{LA}$$

$$Q_{iA} = 2,76 + 4,14 = 6,90W$$



## 7. Ganho de calor por equipamentos (QE)

1 Computador = 350 W

1 Televisor = 200 W

Total = 550 W

$$\text{Carga Térmica (CT)} = Q_{fo} + Q_A + Q_S + Q_O + Q_i + Q_{iA} + Q_E$$

$$CT = 195,60 + 8,05 + 846,72 + 150 + 60 + 3,67 + 550$$

$$CT = 1.143,72W \text{ (com a persiana fechada)}$$

$$\text{Carga Térmica (CT)} = Q_{fo} + Q_A + Q_S + Q_O + Q_i + Q_{iA} + Q_E$$

$$CT = 195,60 + 8,05 + 846,72 + 150 + 60 + 6,90 + 550$$

$$CT = 1.817,27W \text{ (com a persiana aberta)}$$

## APARTAMENTO 506

### 1. Condução pelo fechamento opaco (Qfo)

$$Q_{fo} = q_{fo} \times A_{fo}$$

$$q_{fo} = U(\alpha IRse + (te - ti))$$

$$q_{fo} = 2,28(0,8 \times 700 \times 0,04 + (33 - 29,6))$$

$$q_{fo} = 58,82$$

$$A_A = 7,00 - 2,4 = 4,6m^2$$

$$Q_{fo} = 58,82 \times 4,6 = 270,57W$$

### 2. Condução pela abertura (QA)

$$Q_A = q_A \times A_A$$

$$q_A = U(te - ti)$$

$$q_A = 4,79(33 - 29,6) = 16,29W / m^2$$

$$A_A = 1 \times 2,00 \times 1,20 = 2,4m^2$$

$$Q_A = 16,29 \times 2,4 = 39,10W$$

### 3. Ganho solar pelo vidro (QS)

*Sem cortina translúcida*

$$Q_S = q_S \times A_A$$

$$q_S = FS \times I$$

$$q_S = 0,72 \times 700 = 504$$

$$A_A = (1 \times 2,00 \times 1,20) = 2,4m^2$$

$$Q_S = 504 \times 2,4 = 1.209,6W$$

*Com cortina translúcida*

$$Q_S = q_S \times A_A$$

$$q_S = FS \times I$$

$$q_S = 0,6 \times 700 = 420$$

$$A_A = (1 \times 2,00 \times 1,20) = 2,4m^2$$

$$Q_S = 420 \times 2,4 = 1.008W$$

#### 4. Ganho de calor dos ocupantes (QO)

Atividade leve – 150 w de calor

$$Q_o = 150 \times \text{ocupante} = 150W$$

#### 5. Ganho por iluminação artificial (Qi)

$$Q_i = Q_{\text{lâmpada}}$$

$$Q_{\text{lâmpada}} = (1 \times 60) + (1 \times 100) = 160W$$

$$Q_{\text{lâmpada}} = 160W$$

#### 6. Ganho de calor por infiltração de ar (QiA)

Com o vidro fechado

**Calor sensível**  $Q_{SE} = \rho c V \Delta t$

$$V = (0,10 \times 19,04 \times 2,5) \div 3600 = 0,0013 m^3 / s$$

$$Q_{SE} = 1,2 \times 1000 \times 0,0013 \times (33 - 29,6) = 5,30W$$

**Calor latente**  $Q_{LA} = \Delta_E V \rho$

$$Q_{LA} = (78.000 - 68.500) \times 0,0013 \times 1,2 = 14,82W$$

$$Q_{iA} = Q_{SE} + Q_{LA}$$

$$Q_{iA} = 5,30 + 14,82 = 20,12W$$

Com o vidro aberto

**Calor sensível**  $Q_{SE} = \rho c V \Delta t$

$$V = (0,50 \times 19,04 \times 2,5) \div 3600 = 0,0066 m^3 / s$$

$$Q_{SE} = 1,2 \times 1000 \times 0,0066 \times (33 - 31,2) = 14,25W$$

**Calor latente**  $Q_{LA} = \Delta_E V \rho$

$$Q_{LA} = (78.000 - 73.000) \times 0,0066 \times 1,2 = 39,6W$$

$$Q_{iA} = Q_{SE} + Q_{LA}$$

$$Q_{iA} = 14,25 + 39,6 = 53,85W$$

## 7. Ganho de calor por equipamentos (QE)

1 Aparelho de som = 200 W

1 Televisor = 200 W

Total=400 W

$$\text{Carga Térmica (CT)} = Q_{fo} + Q_A + Q_S + Q_O + Q_i + Q_{iA} + Q_E$$

$$(CT) = 270,57 + 39,10 + 1.008 + 150 + 160 + 20,12 + 400$$

$$(CT) = 2.047,79W \text{ (com a cortina fechada e vidro fechado)}$$

$$\text{Carga Térmica (CT)} = Q_{fo} + Q_A + Q_S + Q_O + Q_i + Q_{iA} + Q_E$$

$$(CT) = 270,57 + 39,10 + 1.209,6 + 150 + 160 + 53,85 + 400$$

$$(CT) = 2.283,12W \text{ (com a cortina aberta e vidro aberto)}$$

$$\text{Carga Térmica (CT)} = Q_{fo} + Q_A + Q_S + Q_O + Q_i + Q_{iA} + Q_E$$

$$(CT) = 270,57 + 39,10 + 1.008 + 150 + 160 + 53,85 + 400$$

$$(CT) = 2.081,52W \text{ (com a cortina fechada e vidro aberto)}$$

$$\text{Carga Térmica (CT)} = Q_{fo} + Q_A + Q_S + Q_O + Q_i + Q_{iA} + Q_E$$

$$(CT) = 270,57 + 39,10 + 1.209,6 + 150 + 160 + 20,12 + 400$$

$$(CT) = 2.249,39W \text{ (com a cortina aberta e vidro fechado)}$$



## EDIFÍCIO AQUARIUS

- Pé-direito: 2,50 m
- Janelas localizadas na direção oeste - infiltração (com a persiana fechada) = 10%; infiltração (com a persiana aberta) = 35%
- Paredes: tijolo furado (6 furos); espessura total da parede = 15 cm
- Cor: externa - verde médio
- Vidro simples = 3 mm
- Cobertura não-ventilada: laje de concreto (10 cm) + fibrocimento p/ para apartamento 703
- Data do cálculo: 23 de dezembro de 2003
- Latitude: 28° 23' 17"
- Radiação solar: 700 W/m<sup>2</sup>
- Densidade do ar: 1,2 kg/m<sup>3</sup>
- Calor específico do ar: 1000 J/kg
- Resistência superficial externa – Rse = 0,04 m<sup>2</sup>K/W (adotada)
- Fator solar (Fs) para aberturas vidro 3 mm = 0,87
- Fator solar para abertura considerando a persiana fechada = 0,15

Os demais dados necessários para o cálculo da carga térmica, são características individuais de cada apartamento e foram coletados na visita realizada ao apartamento, onde também se obteve informações através de um questionário aplicado aos moradores.

Alguns dados utilizados nos cálculos são tabelados e se encontram em bibliografia específica.

## APARTAMENTO 203

### 1. Condução pelo fechamento opaco (Qfo)

$$Q_{fo} = q_{fo} \times A_{fo}$$

$$q_{fo} = U(\alpha IRse + (te - ti))$$

$$q_{fo} = 2,28(0,6 \times 700 \times 0,04 + (32,3 - 25,7))$$

$$q_{fo} = 53,35$$

$$A_A = 11,00 - 2,31 = 8,69m^2$$

$$Q_{fo} = 53,35 \times 8,69 = 463,61W$$

### 2. Condução pela abertura (QA)

$$Q_A = q_A \times A_A$$

$$q_A = U(te - ti)$$

$$q_A = 5,79(32,3 - 25,7) = 38,21W / m^2$$

$$A_A = 1 \times 1,82 \times 1,27 = 2,31m^2$$

$$Q_A = 38,2 \times 2,31 = 88,24W$$

### 3. Ganho solar pelo vidro (QS)

Com a persiana aberta

$$Q_S = q_S \times A_A$$

$$q_S = FS \times I$$

$$q_S = 0,87 \times 700 = 609$$

$$A_A = 1 \times 1,82 \times 1,27 = 2,31m^2$$

$$Q_S = 609 \times 2,31 = 1.406,79W$$

Com a persiana fechada

$$Q_S = q_S \times A_A$$

$$q_S = FS \times I$$

$$q_S = 0,15 \times 700 = 105$$

$$A_A = 1 \times 1,82 \times 1,27 = 2,31m^2$$

$$Q_S = 105 \times 2,31 = 242,55W$$

## 5. Ganho por iluminação artificial (Qi)

$$Q_i = \text{lâmpada}$$

$$Q_{\text{lâmpada}} = 2 \times 50 = 100W$$

$$Q_i = 100W$$

## 6. Ganho de calor por infiltração de ar (QiA)

*Com a persiana fechada*

**Calor sensível**  $Q_{SE} = \rho c V \Delta t$

$$V = (0,10 \times 25,07 \times 2,5) \div 3600 = 0,0017 m^3 / s$$

$$Q_{SE} = 1,2 \times 1000 \times 0,0017 \times (32,3 - 28,7) = 7,34W$$

**Calor latente**  $Q_{LA} = \Delta_E V \rho$

$$Q_{LA} = (53.000 - 51.200) \times 0,0017 \times 1,2 = 3,67W$$

$$Q_{iA} = Q_{SE} + Q_{LA}$$

$$Q_{iA} = 7,34 + 3,67 = 11,01W$$

*Com a persiana aberta*

**Calor sensível**  $Q_{SE} = \rho c V \Delta t$

$$V = (0,35 \times 25,07 \times 2,50) \div 3600 = 0,0061 m^3 / s$$

$$Q_{SE} = 1,2 \times 1000 \times 0,0061 \times (32,3 - 25,7) = 48,31W$$

**Calor latente**  $Q_{LA} = \Delta_E V \rho$

$$Q_{LA} = (53.000 - 50.000) \times 0,0061 \times 1,2 = 21,96W$$

$$Q_{iA} = Q_{SE} + Q_{LA}$$

$$Q_{iA} = 48,31 + 21,96 = 70,27W$$

## 7. Ganho de calor por equipamentos (QE)

1 Computador = 400 W

1 Televisor = 200 W

1 Frigobar = 200 W

Total= 800 W

$$\text{Carga Térmica (CT)} = Q_{fo} + Q_A + Q_S + Q_i + Q_{iA} + Q_E$$

$$CT = 463,61 + 88,24 + 242,55 + 100 + 11,01 + 800$$

$$(CT) = 1.705,41W \text{ (com a persiana fechada)}$$

$$\text{Carga Térmica (CT)} = Q_{fo} + Q_A + Q_S + Q_i + Q_{iA} + Q_E$$

$$CT = 463,61 + 88,24 + 1.406,79 + 100 + 70,27 + 800$$

$$(CT) = 2.928,91W \text{ (com a persiana aberta)}$$



## APARTAMENTO 503

### 1. Condução pelo fechamento opaco (Qfo)

$$Q_{fo} = q_{fo} \times A_{fo}$$

$$q_{fo} = U(\alpha IRse + (te - ti))$$

$$q_{fo} = 2,28(0,6 \times 700 \times 0,04 + (32,5 - 26))$$

$$q_{fo} = 53,12$$

$$A_A = 8,25 - 1,90 = 6,35m^2$$

$$Q_{fo} = 53,12 \times 6,35 = 337,31W$$

### 2. Condução pela abertura (QA)

$$Q_A = q_A \times A_A$$

$$q_A = U(te - ti)$$

$$q_A = 5,79(32,5 - 26) = 37,63W / m^2$$

$$A_A = 1 \times 1,50 \times 1,27 = 1,90m^2$$

$$Q_A = 37,6 \times 1,90 = 71,44W$$

### 3. Ganho solar pelo vidro (QS)

Com a persiana aberta

$$Q_S = q_S \times A_A$$

$$q_S = FS \times I$$

$$q_S = 0,87 \times 700 = 609$$

$$A_A = 1 \times 1,50 \times 1,27 = 1,90m^2$$

$$Q_S = 609 \times 1,90 = 1.157,10W$$

Com a persiana fechada

$$Q_S = q_S \times A_A$$

$$q_S = FS \times I$$

$$q_S = 0,15 \times 700 = 105$$

$$A_A = 1 \times 1,50 \times 1,27 = 1,90m^2$$

$$Q_S = 105 \times 1,90 = 199,5W$$

#### 4. Ganho de calor dos ocupantes (QO)

Atividade leve – 150 w de calor

$$Q_o = 150 \times 2 \text{ ocupantes} = 300W$$

#### 5. Ganho por iluminação artificial (Qi)

$$Q_i = Q_{\text{lâmpada}}$$

$$Q_{\text{reator}} = 1 \times 60 = 60W$$

$$Q_{\text{lâmpada}} = 60W$$

#### 6. Ganho de calor por infiltração de ar (QiA)

Com a persiana fechada

**Calor sensível**  $Q_{SE} = \rho c V \Delta t$

$$V = (0,10 \times 16,00 \times 2,5) \div 3600 = 0,0011 m^3 / s$$

$$Q_{SE} = 1,2 \times 1000 \times 0,0011 \times (32,5 - 29,8) = 3,56W$$

**Calor latente**  $Q_{LA} = \Delta_E V \rho$

$$Q_{LA} = (56.500 - 56.000) \times 0,0011 \times 1,2 = 0,66W$$

$$Q_{iA} = Q_{SE} + Q_{LA}$$

$$Q_{iA} = 3,56 + 0,66 = 4,22W$$

Com a persiana aberta

**Calor sensível**  $Q_{SE} = \rho c V \Delta t$

$$V = (0,35 \times 16,00 \times 2,5) \div 3600 = 0,0038 m^3 / s$$

$$Q_{SE} = 1,2 \times 1000 \times 0,0038 \times (32,5 - 26) = 29,64W$$

**Calor latente**  $Q_{LA} = \Delta_E V \rho$

$$Q_{LA} = (56.500 - 53.000) \times 0,0038 \times 1,2 = 15,96W$$

$$Q_{iA} = Q_{SE} + Q_{LA}$$

$$Q_{iA} = 29,64 + 15,96 = 45,6W$$

$$\text{Carga Térmica (CT)} = Q_{fo} + Q_A + Q_S + Q_O + Q_i + Q_{iA}$$

$$CT = 337,31 + 71,44 + 199,5 + 300 + 60 + 4,22$$

$$CT = 972,47W \text{ (com a persiana fechada)}$$

$$\text{Carga Térmica (CT)} = Q_{fo} + Q_A + Q_S + Q_O + Q_i + Q_{iA}$$

$$CT = 337,31 + 71,44 + 1.157,10 + 300 + 60 + 45,6$$

$$CT = 1.971,45W \text{ (com a persiana aberta)}$$

## APARTAMENTO 703

### 1. Condução pelo fechamento opaco (Qfo)

$$Q_{fo} = q_{fo} \times A_{fo}$$

$$q_{fo} = U(\alpha R_{se} + (t_e - t_i))$$

$$q_{fo} = 2,28(0,6 \times 700 \times 0,04 + (34 - 26,2))$$

$$q_{fo} = 56,09$$

$$A_A = 8,37 - 1,9 = 6,47 m^2$$

$$Q_{fo} = 56,09 \times 6,47 = 362,90 W$$

### 2. Condução pela abertura (QA)

$$Q_A = q_A \times A_A$$

$$q_A = U(t_e - t_i)$$

$$q_A = 5,79(34 - 26,2) = 45,16 W / m^2$$

$$A_A = 1 \times 1,50 \times 1,27 = 1,90 m^2$$

$$Q_A = 45,16 \times 1,90 = 85,80 W$$

### 3. Ganho solar pelo vidro (QS)

Com a persiana aberta

$$Q_S = q_S \times A_A$$

$$q_S = FS \times I$$

$$q_S = 0,87 \times 700 = 609$$

$$A_A = 1 \times 1,50 \times 1,27 = 1,90 m^2$$

$$Q_S = 609 \times 1,90 = 1.157,10 W$$

Com a persiana fechada

$$Q_S = q_S \times A_A$$

$$q_S = FS \times I$$

$$q_S = 0,15 \times 700 = 105$$

$$A_A = 1 \times 1,50 \times 1,27 = 1,90 m^2$$

$$Q_S = 105 \times 1,90 = 199,55 W$$

#### 4. Ganho de calor dos ocupantes (QO)

Atividade leve – 150 w de calor

$$Q_o = 150 \times 2 \text{ocupantes} = 300W$$

#### 5. Ganho por iluminação artificial (Qi)

$$Q_i = Q_{\text{lâmpada}}$$

$$Q_{\text{lâmpada}} = 2 \times 27 = 54W$$

$$Q_i = 54W$$

#### 6. Ganho de calor por infiltração de ar (QiA)

Com a persiana fechada

**Calor sensível**  $Q_{SE} = \rho c V \Delta t$

$$V = (0,10 \times 16,75 \times 2,5) \div 3600 = 0,0011 m^3 / s$$

$$Q_{SE} = 1,2 \times 1000 \times 0,0011 \times (34 - 28,9) = 6,73W$$

**Calor latente**  $Q_{LA} = \Delta_E V \rho$

$$Q_{LA} = (63.000 - 51.500) \times 0,0011 \times 1,2 = 15,18W$$

$$Q_{iA} = Q_{SE} + Q_{LA}$$

$$Q_{iA} = 6,73 + 15,18 = 21,91W$$

Com a persiana aberta

**Calor sensível**  $Q_{SE} = \rho c V \Delta t$

$$V = (0,35 \times 16,75 \times 2,50) \div 3600 = 0,0041 m^3 / s$$

$$Q_{SE} = 1,2 \times 1000 \times 0,0041 \times (34 - 26,2) = 38,37W$$

**Calor latente**  $Q_{LA} = \Delta_E V \rho$

$$Q_{LA} = (63.000 - 46.500) \times 0,0041 \times 1,2 = 81,18W$$

$$Q_{iA} = Q_{SE} + Q_{LA}$$

$$Q_{iA} = 38,37 + 81,18 = 119,55W$$

### 7. Ganho de calor pela cobertura (QFO)

$$Q_{fo} = q_{fo} \times A_{fo}$$

$$q_{fo} = U(\alpha R_{se} + (t_e - t_i))$$

$$q_{fo} = 2,04(0,6 \times 700 \times 0,04 + (34 - 26,2))$$

$$q_{fo} = 50,18W$$

$$A_A = 16,75m^2$$

$$Q_{fo} = 50,18 \times 16,75 = 840,51W$$

### 8. Ganho de calor por equipamentos (QE)

1 Televisor = 200 W

Total= 200 W

$$\text{Carga Térmica (CT)} = Q_{fo} + Q_A + Q_S + Q_O + Q_i + Q_{iA} + Q_{fo} + Q_E$$

$$CT = 362,90 + 85,80 + 199,5 + 300 + 54 + 21,91 + 840,51 + 200$$

$$CT = 2.064,62W \text{ (com a persiana fechada)}$$

$$\text{Carga Térmica (CT)} = Q_{fo} + Q_A + Q_S + Q_O + Q_i + Q_{iA} + Q_{fo} + Q_E$$

$$CT = 362,90 + 85,80 + 1.157,10 + 300 + 54 + 119,55 + 840,51 + 200$$

$$CT = 3.119,86W \text{ (com a persiana aberta)}$$