



6 a 8 de outubro de 2010 - Canela RS

**ENTAC 2010**

XIII Encontro Nacional de Tecnologia  
do Ambiente Construído

## **AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO TÉRMICO EM EDIFÍCIOS DE ESCRITÓRIO NA REGIÃO CENTRAL DO RIO GRANDE DO SUL**

**Francéli Ferreira (1); Joaquim C. Pizzutti dos Santos (2); Egon Vettorazzi (3)**

(1) Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil – Universidade Federal de Santa Maria, Brasil –  
e-mail: franceliarqui@ibest.com.br

(2) Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil – Universidade Federal de Santa Maria, Brasil –  
e-mail: joaquim@smail.ufsm.br

(3) Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil – Universidade Federal de Santa Maria, Brasil –  
e-mail: egon.arquiteto@gmail.com

### **RESUMO**

Os edifícios de escritório contribuem com uma parcela significativa do consumo de energia do país, sendo que pesquisas revelam que 40% do consumo de energia elétrica neste tipo de edifício está relacionado aos sistemas de condicionamento climático. Dentro deste contexto observa-se ainda a inexistência de diretrizes projetivas que estabeleçam padrões mínimos de desempenho termo-energéticas frente às condições climáticas regionais, sobretudo pela amplitude térmica ao longo do ano. Assim, o presente trabalho objetiva diagnosticar e comparar a situação atual de desempenho térmico de diferentes tipologias de edifícios de escritório localizados em seis cidades da região central do Rio Grande do Sul, da zona bioclimática 2 do Brasil. Para tal análise foi realizado um levantamento dos edifícios de escritório existentes, sendo selecionados 36 edifícios com no mínimo cinco pavimentos. Em seguida os prédios foram agrupados em cinco diferentes tipologias de acordo com as suas características arquitetônicas/construtivas. Para cada tipologia foi selecionado um prédio representativo, para o qual foi feito um detalhamento do sistema construtivo e registrados dados de temperatura interna e externa durante um período de treze dias no inverno e verão. Foi avaliado o desempenho térmico dos edifícios de acordo com a sua capacidade de amortecimento da onda térmica externa, associada à sua inércia térmica, área de aberturas e padrão de uso dos espaços internos. Observou-se a grande influência da radiação solar nos resultados, evidenciada principalmente pela influência no comportamento térmico dos edifícios da orientação das salas monitoradas, da área de aberturas, do tipo de vidro e da cor dos fechamentos opacos. Foi observada a necessidade, para o clima da região estudada, da existência de dispositivos de controle da radiação solar, para que decisões de projeto que beneficiem as condições térmicas de uma estação climática não resultem em prejuízo para outra.

Palavras-chave: edifício de escritório; desempenho térmico; zona bioclimática 2; tipologias arquitetônicas.

# **1 INTRODUÇÃO**

Atualmente há uma necessidade de combate ao desperdício de energia elétrica para que não ocorra o esgotamento de recursos não renováveis e para impedir um possível colapso no seu fornecimento. Esse panorama mundial vem se agravando a cada ano em virtude do crescente aumento no consumo de energia elétrica.

A disponibilidade de recursos energéticos sempre foi um fator determinante no desenvolvimento dos países industrializados e desenvolvidos. Com a crise de petróleo nos anos de 1970 estes países passaram a repensar suas estratégias de crescimento econômico, adotando medidas de conservação de energia principalmente no setor da construção civil, tendo como objetivo reduzir custos operacionais e de manutenção (Bulla, 1995).

Conforme dados do Balanço Energético Nacional (BRASIL, 2005), os setores que mais têm consumido energia elétrica nos últimos anos foram o comercial e o público, que, de 1970 a 2004, tiveram seus consumos aumentados cerca de 700%. Esse aumento se deve em grande parte ao uso indiscriminado de sistemas de condicionamento de ar artificial, principalmente nos edifícios de escritórios. Alguns trabalhos apontam que este consumo em sistemas de condicionamento de ar é da ordem de 40% do total em edifícios de escritório.

Os edifícios de escritório por figurarem entre os maiores consumidores de energia elétrica, constituem o objeto de estudo deste trabalho, sendo entendido no contexto da presente pesquisa como um tipo particular de edificação comercial, caracterizada por múltiplos pavimentos e composta por módulos com uma ou duas salas principais, sanitário e sala de espera, geralmente ocupados por profissionais liberais ou representantes comerciais. Estes edifícios apresentam uma tipologia bastante uniforme nas diversas regiões do Brasil, qualquer que seja o clima.

Este trabalho pretende avaliar o desempenho térmico dos edifícios de escritório em seu uso normal, em seis cidades localizadas na região central do Rio Grande do Sul.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo geral**

Este trabalho tem como objetivo principal diagnosticar e comparar a situação atual de desempenho térmico de diferentes tipologias de edifícios de escritório localizados em seis cidades pertencentes à região central do Rio Grande do Sul que se encontram na zona bioclimática 2 do Brasil.

### **2.2 Objetivos específicos**

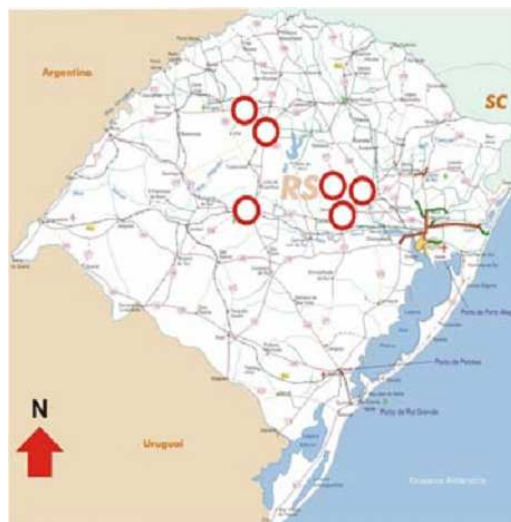
- Levantar as diferentes tipologias de edifícios de escritórios encontradas nas cidades de Cruz Alta, Ijuí, Lajeado, Santa Cruz do Sul, Santa Maria e Venâncio Aires, todas localizadas na zona bioclimática 2 do Brasil;
- Definir um edifício representativo de cada uma das tipologias construtivas encontradas na região estudada;
- Analisar as características construtivas dos edifícios selecionados;
- Monitorar as temperaturas internas destes edifícios e externas durante um período de dias consecutivos no inverno e no verão;
- Analisar a variação das temperaturas internas em relação às externas, avaliando a influência de parâmetros arquitetônicos importantes na definição das diferentes tipologias;

### 3 METODOLOGIA

Para a avaliação de desempenho térmico de diferentes tipologias de edifícios de escritório este trabalho foi composto basicamente das seguintes etapas: levantamento dos edifícios existentes, com determinação das características construtivas e padrões de uso dos edifícios, definição das tipologias existentes e monitoramento da temperatura interna das salas e da temperatura externa.

#### 3.1 Levantamento de dados

Inicialmente foram coletados dados do número de edifícios de escritório em seis cidades localizadas na região central do estado do Rio Grande do Sul (Figura 1): Cruz Alta, Lajeado, Ijuí, Santa Cruz do Sul, Santa Maria e Venâncio Aires. Estas cidades foram selecionadas, pois eram de fácil acesso ao levantamento dos dados e conforme o zoneamento bioclimático brasileiro apresentado na norma NBR 15220-3, todas se localizavam dentro da zona bioclimática 2. Foram coletados dados referentes aos sistemas construtivos utilizados nas edificações, no intuito de identificar as diferentes tipologias arquitetônicas existentes na região. O levantamento das atividades profissionais e o uso de equipamentos também foram verificados em todas as edificações pesquisadas.



**Figura 1** – Localização das seis cidades da região central do RS utilizadas para a pesquisa. Fonte: IBGE (2006).

#### 3.2 Definição das tipologias predominantes

Após o levantamento das características construtivas procurou-se traçar os perfis de cada prédio, agrupando-se por tipologias, sendo estas caracterizadas pela sua frequência de ocorrência. Os dados considerados para a caracterização de cada tipologia foi a relação entre largura e profundidade, formato do edifício e relação entre área de fechamento transparente e opaco na fachada principal e em relação a todas as fachadas.

#### 3.3 Monitoramento de temperatura

Após a determinação da tipologia predominante, foi levantada a temperatura interna e externa nos períodos de inverno e verão de um edifício representativo de cada tipologia construtiva selecionada. Objetivou-se com os dados coletados, fazer um reconhecimento do desempenho térmico das tipologias construtivas encontradas nas cidades estudadas. Todos os dados referentes a um edifício de cada tipologia foram tabelados a fim de se obter uma visão geral e comparativa das tipologias.

Para o levantamento dos dados de temperatura foi utilizado aparelho registrador (data loggers) de temperatura e umidade relativa do ar do tipo HOBO (Figura 2). Os dias de medições de inverno e verão podem ser vistos na Tabela 1. Este aparelho foi posicionado no ambiente longe de fontes de emissão de calor e de aparelhos de condicionamento de ar, a fim de evitar interferências destes nas medições. Quando possível este foi posicionado mais ao centro do ambiente e a uma altura de um metro acima do nível do piso.



**Figura 2** – Aparelho registrador (data loggers) de temperatura e umidade relativa do ar do tipo HOBBO.

**Tabela 1** – Período de coleta de dados.

Tipologias	Período de monitoramento			
	Inverno		Verão	
	Início	Fim	Início	Fim
A	22/8/2005	4/9/2005	2/2/2006	15/2/2006
B	22/8/2005	4/9/2005	24/2/2006	9/3/2006
C	6/7/2005	19/7/2005	2/2/2006	15/2/2006
D	6/7/2005	19/7/2005	2/2/2006	15/2/2006
E	22/8/2005	4/9/2005	2/2/2006	15/2/2006
Total	330horas		330horas	

### 3.4 Definição do intervalo de conforto térmico para a região

Para a avaliação de conforto térmico dos usuários nos edifícios de escritório, esta pesquisa utilizou como parâmetro a Norma ASHRAE (2004), utilizando o modelo adaptativo desta norma para definição das temperaturas de conforto. Esta estabelece graus-hora de conforto e desconforto. Para isto foi necessário o levantamento dos dados de temperatura do ar de pelo menos uma das cidades envolvidas na pesquisa. A cidade escolhida foi a de Lajeado, por existir um centro meteorológico na cidade e de este ser de fácil acesso. Os dados de temperatura foram então cedidos pelo Centro de Informações Hidrometeorológico (CIH) do Centro Universitário UNIVATES, para os dois períodos de monitoramento, inverno e verão.

Com os dados de temperatura dos meses em que houve monitoramento nas edificações, foi possível calcular a média de temperatura do ar para cada mês, sendo estes, julho, agosto, setembro, no período de inverno e fevereiro e março no período de verão. Estes valores de médias de temperatura dos meses foram inseridos no gráfico de temperaturas limites de conforto para ambientes condicionados naturalmente, apresentado na norma ASHRAE (2004). Obtiveram-se assim os limites mínimos e máximos de temperatura para estado de conforto térmico considerando um limite de aceitabilidade de 80% para cada mês no qual foi feito o monitoramento.

## 4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Uma das principais funções da habitação é atenuar as variações climáticas externas. Desta forma a análise central realizada nesta pesquisa está nesta capacidade do edifício em amortecer as variações de temperatura externa. Para esta análise foi realizado um estudo baseado no amortecimento das amplitudes de variações das temperaturas externas em relação às internas considerando o período diário para inverno e verão. Inicialmente é realizado um relacionamento entre os resultados externos e internos da amplitude e do amortecimento da onda térmica, considerando o período diário. A variação destes valores foi posteriormente analisada em função da capacidade térmica dos edifícios e do percentual de área de janela.

Para o cálculo de capacidade térmica foi considerado primeiramente o cálculo da capacidade térmica dos elementos internos e externos e após foi realizado o cálculo apenas para os elementos da envoltória, considerando-se apenas as paredes externas das edificações. Para o cálculo da capacidade térmica dos elementos construtivos das cinco tipologias em estudo, foi utilizado a NBR 15220-2

(ABNT, 2005). Nesta encontram-se os valores de capacidade térmica de diversas espessuras de paredes e lajes de piso, com estes dados e com a quantidade (m<sup>2</sup>) de paredes e lajes pode-se chegar ao valor final de capacidade térmica por metro quadrado de cada tipologia.

A capacidade térmica e o percentual de área de janela foram escolhidos para análise do desempenho térmico das edificações por serem os principais parâmetros considerados na definição das tipologias.

#### 4.1 Definição das tipologias

A partir da análise dos dados das características construtivas e padrão de ocupação e uso de equipamentos, foram definidos os critérios a serem utilizados na divisão das tipologias. São eles: forma do edifício e proporção em planta entre largura e comprimento, percentual de área envidraçada na fachada principal, percentual de área envidraçada na fachada principal em relação à área total de fachadas dos edifícios e percentual de área envidraçada do edifício em relação a área total de fachada do mesmo.

Foi possível, através destes critérios, agrupar os 36 edifícios em estudo em cinco distintas tipologias. Na Tabela 2 são apresentadas às tipologias e o número de edifícios representativos de cada uma.

**Tabela 2 - Número de edifícios por tipologia.**

Tipologias	Número de edifícios
A	8
B	5
C	12
D	9
E	2
Total	36

Após a definição das tipologias foi realizada uma triagem para selecionar um edifício representativo para cada tipologia. Na Tabela 3 é possível verificar as características do modelo representativo de cada categoria.

**Tabela 3 - Características dos edifícios representativos de cada tipologia.**

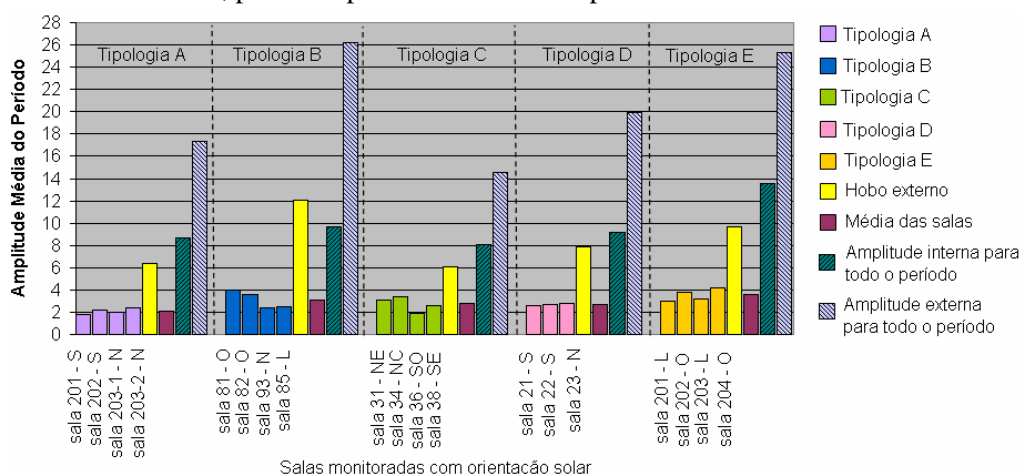
Tipologias	Características construtivas do edifício representativo de cada tipologia						
	área/pav. tipo(m <sup>2</sup> )	Cobertura	Laje entrepiso	Paredes	% de área de janela/área fachada principal	% de área de janela/área total de fachadas	Capacidade térmica (KJ/(m <sup>2</sup> K))
A	295,70	Estrutura em madeira de pinho e telhas de cimento amianto ondulado	Concreto armado, espessura de 15cm	Parede em alvenaria de 20cm de espessura de tijolos cerâmicos furados revestido com argamassa de cimento, cal e areia	57,86	16,58	536,8
B	340,60	Laje pré-moldada com vigotas e telhas de cimento amianto ondulada de 6mm	Laje pré-moldada com vigotas e telhas, espessura 12cm	Parede externa em alvenaria de 20cm de espessura de tijolos cerâmicos seis furos e parede interna de 15cm de espessura de tijolos quatro furos, com revestimento de argamassa de cimento, cal e areia	25	25	459,13
C	663,00	Estrutura metálica e telha de alumínio	Concreto armado, espessura de 15cm	Parede em alvenaria de 20cm de espessura de tijolo baiano, com revestimento de argamassa e acabamento externo em fulget na cor cinza	12,8	12,8	596,56
D	272,26	Laje pré-moldada de 12cm de espessura + telha de fibrocimento 6mm	Laje pré-moldada de 12cm	Parede em alvenaria de 15cm de espessura de tijolos cerâmicos seis furos com revestimento de argamassa( interno e externo)	9,46	9,46	476,16
E	216,70	Laje pré-moldada de 12cm de espessura mais telha de fibrocimento 8mm	Laje pré-moldada de 10cm de espessura	Parede em alvenaria de 20cm de espessura de tijolos cerâmicos furados revestido com chapisco 0.7cm, emboço 0.7cm e 0.5cm de fulget	16,91	16,91	502,95

#### 4.2 Amplitude térmica e amortecimento

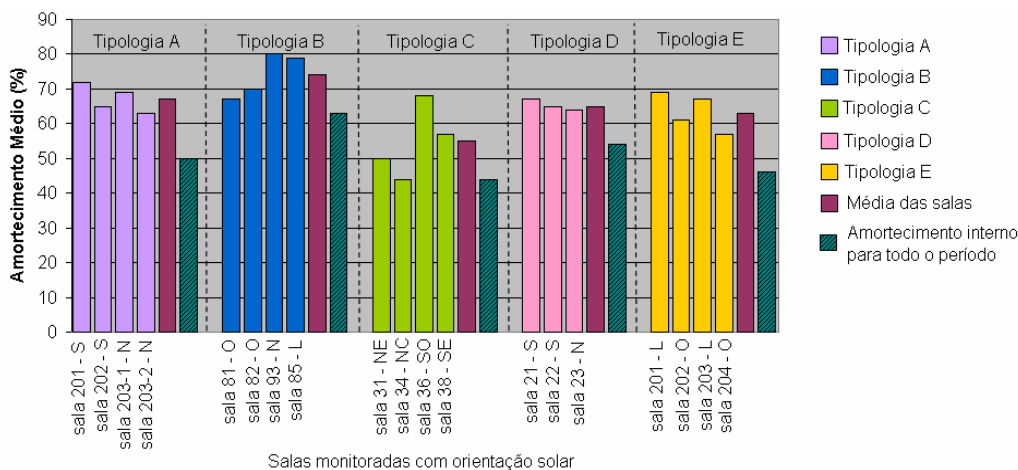
Os resultados obtidos no monitoramento da temperatura interna e externa das tipologias para o período de inverno estão apresentados nas Figuras 3 e 4. Na Figura 3 apresenta-se um gráfico comparativo das amplitudes médias das salas das cinco tipologias com a amplitude externa. Na Figura 4 apresenta-se um gráfico comparativo dos amortecimentos médios das salas das cinco tipologias. Nestes gráficos

também são apresentadas às médias das salas para a amplitude do período e para o amortecimento do período. Analisando estes gráficos verifica-se que radiação solar é fator determinante no desempenho térmico das edificações no período de inverno.

Na tipologia C, por exemplo, é visível a diferença da amplitude e amortecimento entre as salas 31 e 34 com as salas 36 e 38. As primeiras apresentaram amplitudes bem maiores, principalmente em virtude da orientação solar das aberturas, que estão para a face nordeste e noroeste, enquanto as outras duas estão voltadas para a face sudoeste e sudeste. O mesmo acontece com a tipologia E, onde as salas 202 e 204, que possuem grandes aberturas para a face oeste da edificação, apresentaram maiores amplitudes que as salas 201 e 203 que possuem aberturas para a face leste. A tipologia B também se comporta desta maneira, com as salas 81 e 82 apresentando uma maior amplitude e consequentemente um menor amortecimento, por estas possuírem aberturas para fachada Oeste.



**Figura 3** – Gráfico de amplitude média das salas no período de inverno.



**Figura 4** – Gráfico de amortecimento médio das salas no período de inverno.

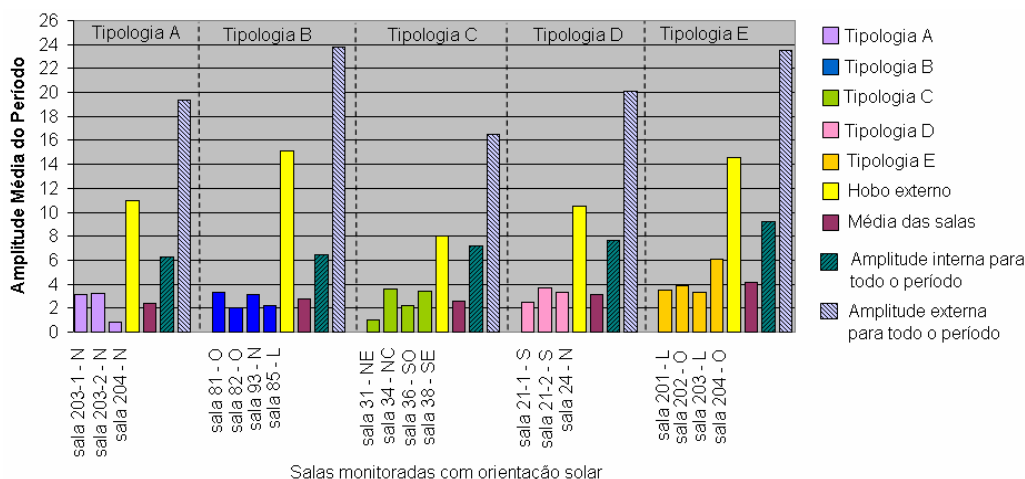
As salas dos edifícios representativos das tipologias A e D foram as que apresentaram menores variações entre as amplitudes médias internas. Estes edifícios possuem aberturas para a face norte e sul. O edifício representativo da tipologia A possui a sua maior área de janelas para a face sul e no caso da tipologia D a área de janela é a menor entre as tipologias. Estas características favoreceram no desempenho térmico destas tipologias, pois apresentaram a menor amplitude e maior amortecimento.

O período de monitoramento das tipologias A, B e E foram os mesmos, porém a amplitude externa para todo o período se comportou de maneira diferente entre estas. O edifício representativo da tipologia A, que se encontra na cidade de Lajeado, apresentou amplitude externa bem inferior a das tipologias B e E, que se encontram nas cidades de Santa Maria e Ijuí, respectivamente. As temperaturas externas registradas para a cidade de Santa Maria foram as mais elevadas e as que apresentaram maiores amplitudes diárias. A tipologia B foi a que apresentou o maior amortecimento



médio, 74%, enquanto a tipologia C foi a que apresentou o menor valor, 55 %. Um grande diferencial da tipologia B em relação às demais é o fato da mesma estar inserida dentro da malha urbana, com prédios altos no seu entorno, o que reduz significativamente a incidência da radiação solar neste edifício, principalmente nas fachadas Leste e Oeste, onde estão as maiores parcelas de suas aberturas.

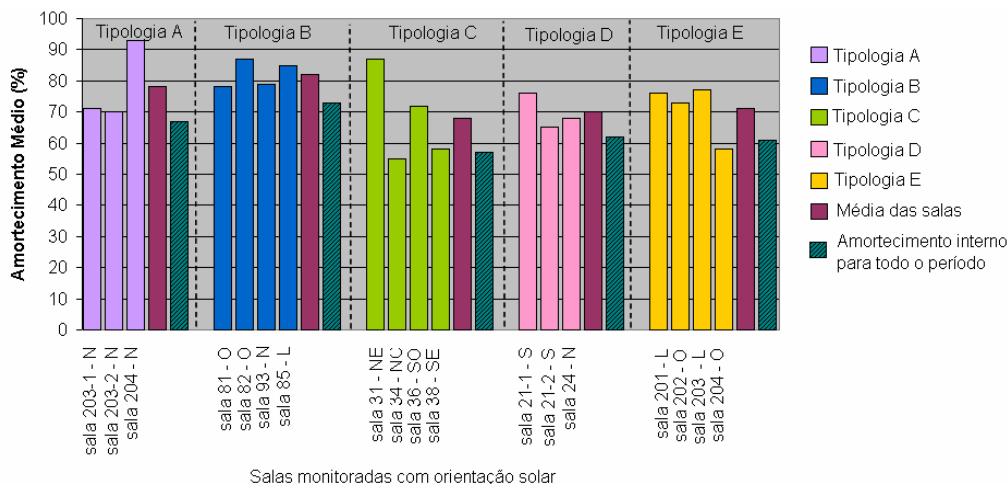
Na Figura 5 é apresentado um gráfico comparativo das amplitudes médias das salas das cinco tipologias e da amplitude externa para o período de verão. A tipologia E teve a maior amplitude externa para todo o período, se comparado com as tipologias A, C e D que apresentaram os mesmos dias de monitoramento. Verifica-se que as cidades de Cruz Alta e Ijuí apresentam temperaturas mais elevadas se comparadas com as cidades de Lajeado e Venâncio Aires. As salas da tipologia C, D e E apresentaram amplitudes médias muito semelhantes, exceto a sala 31 da tipologia C e a sala 204 da tipologia E que estavam desocupadas durante o período de monitoramento.



**Figura 5** – Gráfico de amplitude média das salas no período de verão

Para o período de verão a média de amplitude interna das tipologias A, B, C e D apresentou valores maiores que as do período de inverno. A tipologia E apresentou praticamente a mesma amplitude para as salas nos dois períodos. Como no período de inverno, a orientação solar e consequentemente a radiação solar, foram os principais fatores que interferiram no desempenho térmico dos edifícios.

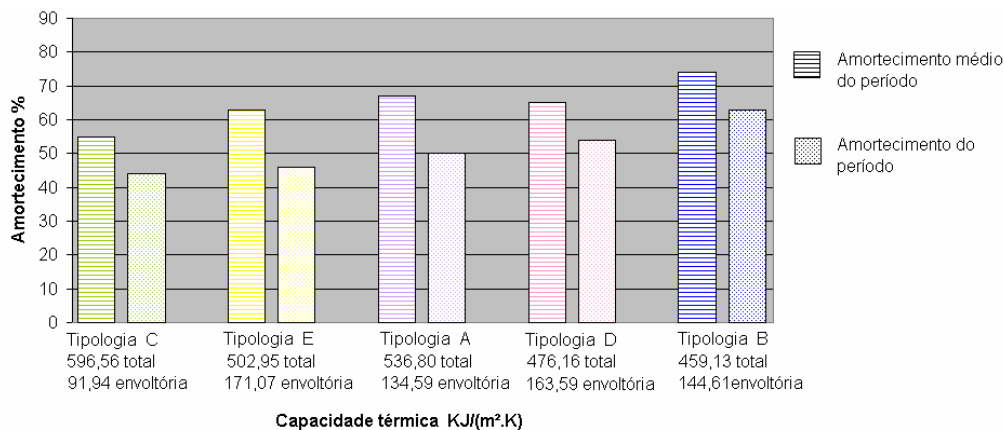
Na Figura 6 é apresentado um gráfico comparativo dos amortecimentos médios das salas das cinco tipologias em estudo, este gráfico também é apresentado o amortecimento interno para todo o período. De acordo com a análise do gráfico da Figura 6, o comportamento em relação ao amortecimento da onda térmica é semelhante em todas as tipologias tanto para o período de inverno como para verão. A tipologia B apresenta o maior amortecimento interno para todo o período, 73% para o verão, seguido da tipologia A, 67%, tipologia D, 62%, tipologia E, 61% e finalmente a tipologia C, 57%.



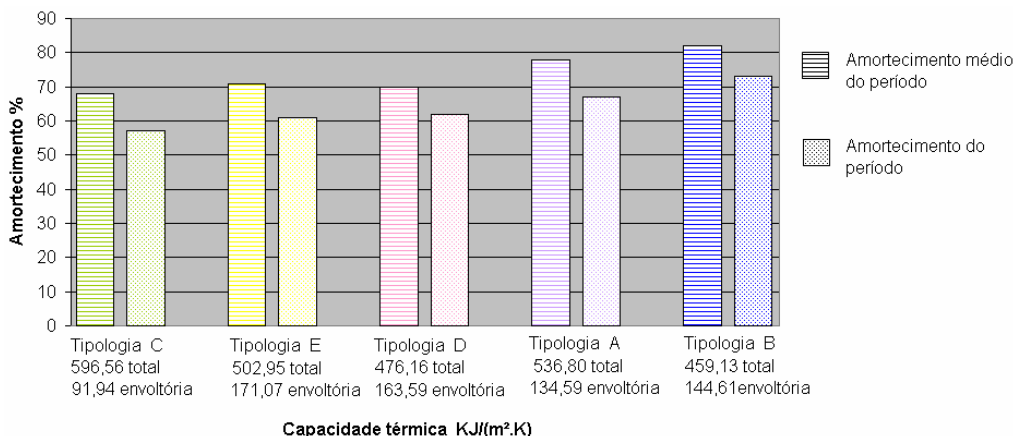
**Figura 6** – Gráfico de amortecimento médio das salas no período de verão

### 4.3 Relação do amortecimento com a capacidade térmica

Neste item foi analisada a relação do amortecimento da onda térmica em função da capacidade térmica dos elementos construtivos. Foi considerado primeiramente o cálculo da capacidade térmica dos elementos internos e externos e após foi realizado o cálculo apenas para os elementos da envoltória onde foram consideradas apenas as paredes externas das edificações. Para este cálculo da capacidade térmica dos elementos construtivos das cinco tipologias em estudo foi utilizado a NBR 15220-2 (ABNT, 2005).



**Figura 7** – Amortecimento médio x Capacidade térmica total para período de inverno.



**Figura 8** – Amortecimento médio x Capacidade térmica total para o período de verão.

Nas Figuras 7 e 8 apresenta-se os gráficos de amortecimento em função da capacidade térmica das cinco tipologias para o período de inverno e verão respectivamente. Nestes estão apresentados percentuais de amortecimento médio diário do período e percentuais referentes ao amortecimento do período total. Estão expostos também os valores de capacidade térmica total (parede e laje) e os valores de capacidade térmica referidas apenas as paredes da envoltória (externas), desconsiderando os valores da laje e das paredes internas.

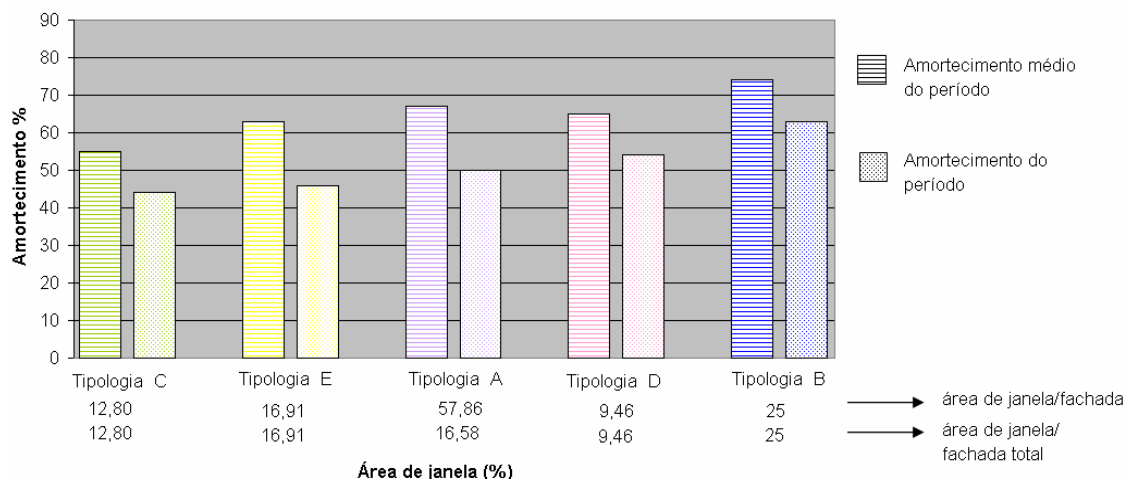
De acordo com a análise dos gráficos apresentados nas Figuras 7 e 8 observa-se que a tipologia C apresentou o menor amortecimento da onda térmica média diária do período e para todo o período, em função da sua menor capacidade térmica da envoltória, isto tanto para o período de inverno como para verão. Já a tipologia B foi a que apresentou o maior amortecimento da onda térmica, tanto na média do amortecimento para o período diário como para o amortecimento de todo o período para o período de inverno e verão. Seu valor de capacidade térmica da envoltória ficou em 144,61  $KJ/(m^2.K)$  bem acima da capacidade térmica da envoltória apresentada na tipologia C de 91,94  $KJ/(m^2.K)$ , que foi a menor dentro das cinco tipologias. As tipologias E e D apresentaram valores de capacidade térmica da envoltória maior e amortecimento menor se comparado com a tipologia B que apresentou maior amortecimento e possui menor capacidade térmica. Isso ocorre devido ao fato da tipologia B estar inserida no meio urbano composto por edifícios altos no seu entorno que ocasionam sombreamento da



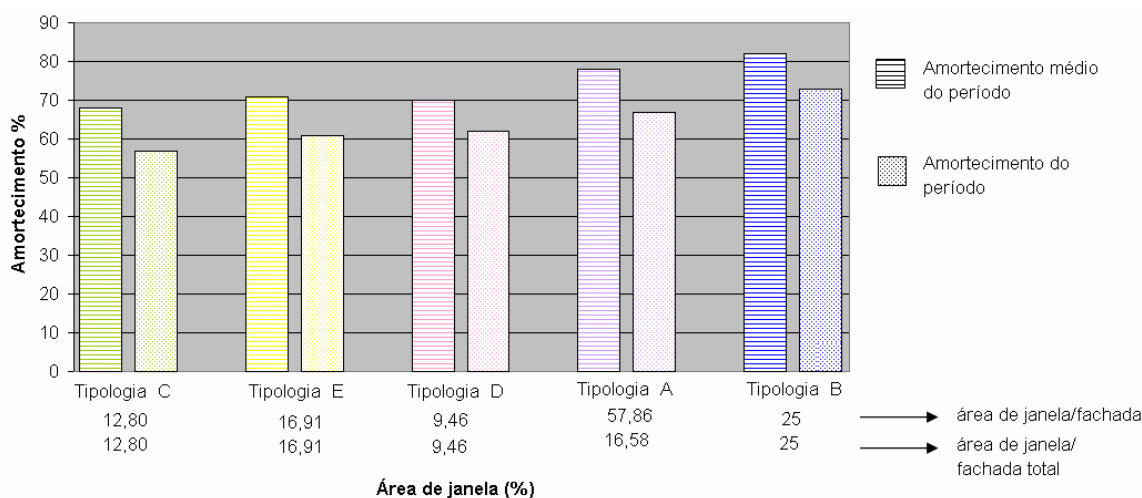
algumas fachadas, neste caso as fachadas leste e oeste, diferentemente das demais tipologias, que não possuem prédios altos ao seu redor.

#### 4.4 Relação do amortecimento com o percentual de área de janela

Nas Figuras 9 e 10 apresenta-se uma relação entre amortecimento da onda térmica com a área total de janela por área das fachadas que apresentam aberturas e relação entre a área total de janela por área total de fachadas para cada tipologia para o período de inverno e verão respectivamente.



**Figura 9** – Amortecimento x Área total de janela por área de fachada com abertura e área total de janela por área total de fachadas para período de inverno.



**Figura 10** – Amortecimento x Área total de janela por área de fachada com abertura e área total de janela por área total de fachadas para período de verão.

Observa-se que a tipologia D é a que apresenta o menor percentual de área de janela 9,46%, e a tipologia B possui o maior percentual 25%, tanto para a área total de janela por área de fachadas com aberturas como para área total de janela para área total de fachadas. A tipologia A por apresentar apenas janelas em duas fachadas, frente e fundos possui valores distintos para área de janela por fachada e área de janela por total de fachada. Verifica-se que a diferença entre estes dois percentuais é bastante significativa, onde o percentual de área de janela por fachada foi de 57,86% e o percentual de área de janela por total de fachada foi de 16,58%. As demais tipologias apresentaram janelas em todas as fachadas, assim o percentual para estes dois parâmetros foram os mesmos. Desconsiderando a tipologia B, onde o percentual de amortecimento foi influenciado pelo sombreamento das fachadas dos prédios situados no seu entorno, a tipologia D que possui a menor área de janela, 9,46% teve o melhor percentual de amortecimento do período no inverno, demonstrando a importância do percentual de aberturas na fachada no amortecimento da onda térmica.

Para o período de verão desconsiderando novamente o amortecimento da tipologia B, a tipologia A foi a que apresentou o maior amortecimento do período apesar de possuir uma das maiores áreas de janela 16,58% para área total de janela por área total de fachada. Este maior amortecimento se explica pela maior área de janela desta tipologia encontrar-se para a face sul da edificação. A tipologia D e a E para o período de verão apresentaram amortecimento muito próximos apesar de possuírem área de janelas bem diferentes, 9,46% e 19,91% respectivamente. O tipo de vidro parece ter sido o fator determinante neste caso, pois a tipologia E que possui a maior área de janela é a única que possui vidro bronze dentre as tipologias estudadas, a tipologia A possui vidro fumê e as demais vidro incolor, que é o caso da tipologia D. Assim explica-se este mesmo amortecimento, pois apesar da área de janela ser maior o fator solar é menor para o vidro bronze.

## 5 CONCLUSÕES

Este trabalho teve como objetivo principal diagnosticar e comparar o desempenho térmico de diferentes tipologias de edifícios de escritório localizados em seis cidades pertencentes à região central do Rio Grande do Sul. Encontram-se na zona bioclimática 2 brasileira, apresentando um estudo da influência de algumas variáveis de projeto em condições de uso normal do dia-a-dia dos edifícios, sem o emprego do uso de simulação. A análise foi realizada de modo comparativo entre as salas de cada tipologia e entre as diferentes tipologias.

Dentre os parâmetros relacionados com o desempenho térmico dos edifícios o que apresentou resultados mais significativos foi a área de janela nas fachadas e orientação solar das mesmas. No caso de prédios com pequena área envidraçada, a orientação solar da fachada tem menor importância, já no caso de projetos com grandes áreas envidraçadas o cuidado com a orientação deve ser maior, e ainda deve ser previsto dispositivos móveis para controle da radiação solar de maneira a poder-se aproveitá-la nos períodos de inverno.

Assim, observa-se que o problema das grandes áreas envidraçadas em clima temperados é a não existência de dispositivos de controle da radiação solar, pois o uso de uma maior área envidraçada tem grande influência no conforto térmico e no consumo de energia elétrica para condicionamento no período de inverno. Portanto, neste clima, no dimensionamento da área envidraçada deve ser levado em consideração simultaneamente a iluminação natural, o conforto de verão e o conforto no período de inverno. A variação da capacidade térmica da envoltória e total do edifício não apresentou uma relação direta com a variação do amortecimento da onda térmica, estando outras variáveis envolvidas nesta relação, no caso dos edifícios analisados.

Tendo em vista o objetivo futuro de normalização referente ao conforto térmico em projetos deste tipo de edifício, observou-se neste trabalho que não basta que sejam fixados limites para as características térmicas dos elementos de fachada como transmitância térmica, capacidade térmica e percentual de área de aberturas se não forem considerados outros fatores relacionados à radiação solar a ser admitida, como orientação solar das fachadas, fator solar das áreas envidraçadas, coeficiente de absorção de radiação dos fechamentos opacos e a existência de dispositivos de proteção solar.

## 6 REFERÊNCIAS

BULLA, L. A. S. **Análise paramétrica do desempenho termo-energético de um edifício de escritórios**. Florianópolis: UFSC, 1995. 81p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina, 1995.

ABNT, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220-2**. Desempenho térmico de edificações: Parte 2: Método de cálculo da transmitância térmica da capacidade térmica do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações. Rio de Janeiro: ABNT, 2005c. 34p.

\_\_\_\_\_. **NBR 15220-3**. Desempenho térmico de edificações: Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Rio de Janeiro: ABNT, 2005c. 23p.

ASHRAE. **Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy**. ASHRAE Standard: 90.1-2004. American Society of Heating, Refrigeration and Air-Conditioning Engineers, Atlanta, 2004.

BRASIL (2005), Ministério de Minas e Energia. **Balanco Energético Nacional**.