

AValiação das Condições de Conforto Térmico de Salas de Aula da Universidade de Passo Fundo

Eduardo Grala da Cunha (1), Augusto Becke Pinheiro (2), Lisiane de Negri (3) e Laís Turella (4)

(1) Professor Doutor, Adjunto, Universidade de Passo Fundo – Curso de Arquitetura e Urbanismo, Campus I, BR 285 – Km 171, Bairro São José, (54) 33168216

e-mail: egcunha@upf.br

(2) Arquiteto e Urbanista, Curso de Arquitetura e Urbanismo, e-mail: arq_augusto@yahoo.com.br

(3) Acadêmica, Curso de Arquitetura e Urbanismo, e-mail: 68924@lci.upf.br

(4) Acadêmica, Curso de Arquitetura e Urbanismo, e-mail: 72740@lci.uof.br

RESUMO

Esta pesquisa trata do tema eficiência energética na arquitetura, mais especificamente nos prédios da Faculdade de Engenharia e Arquitetura, nos cursos de Engenharia de Alimentos e de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de Passo Fundo, RS. É muito importante que as salas de aula apresentem boas condições quanto à ambiência interna, caracterizada por nível de iluminação, temperatura, umidade do ar e renovação do ar interior adequados. É importante, também, que as salas de aula e laboratórios sejam eficientes energeticamente, proporcionando economia de energia, considerando as necessidades de iluminação artificial e condicionamento térmico.

Para efetuar a referida verificação, foi monitorado o comportamento de cinco salas de aula do prédio do curso de Engenharia de Alimentos e uma sala do curso de Arquitetura e Urbanismo, por meio de medições semanais das variáveis temperatura e umidade relativa do ar. De posse desses dados, foram verificadas as diferenças de ambiência de salas com diferentes estratégias quanto aos sistemas de esquadrias, como também quanto à presença de proteção solar externa e interna. A proposta de trabalho previu a verificação do grau de insatisfação dos usuários dos espaços quanto ao calor e frio, utilizando para isso a metodologia de Fanger (1970), por meio da qual foi possível verificar o número de alunos em condições de conforto e desconforto térmico. A pesquisa previu o entendimento da relação direta entre as diferentes estratégias de projeto nos dois edifícios e os respectivos resultados ambientais. O resultado final da pesquisa poderá ser utilizado pelo setor de projetos da UPF no sentido de subsidiar o corpo técnico no que diz respeito à definição de sistemas de proteção solar (externos e internos) e de esquadrias (internas e externas). No momento, já foram realizadas as medições das variáveis ambientais temperatura de bulbo seco e umidade relativa do ar das salas de aula e do espaço exterior, nos meses de setembro de 2005 a setembro de 2006, e estão sendo finalizadas as compilações dos resultados, determinação do VME – Voto Médio Estimado - e a realização do relatório final.

ABSTRACT

This work deals about the theme energy efficiency in the architecture, more specifically in the buildings of the Architecture and Engineering Colleges, in the courses of Food Engineering and in the Architecture Course of Passo Fundo University, RS.

It is very important that the classrooms present good conditions regarding the internal climatic characteristics, characterized by the adequate luminance level, temperature, air humidity and the renovation of the internal air. It is also very important that the classrooms and the laboratories are efficiency in related to the energy economy, considering the needs of the artificial illumination and thermo acclimatization.

In order to make the verification it was weekly monitored the performance of five classrooms in the Food Engineering building and one room in the Architecture building. The variables analysed were temperature and relative humidity of the air. With the results was verified the differences between the climatic characteristics of the rooms with different windows systems and different solar protection strategies.

The work proposal used the verification of the discomfort degree of the users by the Fanger (1970) methodology. With the use of the predict medium vote – PMV – it was possible to know the number of students that were in comfort and discomfort state. With the calculation of the PMV was possible to analyse the difference between the different strategies in relation to the windows systems and the ambient climatic quality.

The final result of the research can be used by the project sector of the University of Passo Fundo in relation to the choice of the windows systems and the solar protection systems. At the moment it has been carried out the monitoring of the variables dry bulb air temperature and air relative humidity of the class rooms on September, 2005 to June, 2006. The compilations of the results, the calculations of the PMV and the achievement of the final report are almost at the end.

1. INTRODUÇÃO

A qualidade higrométrica dos ambientes de estudo é fundamental para o aprendizado e desenvolvimento de atividades profissionais. Essa qualidade relaciona-se à manutenção da concentração baixa de poluentes no ar como também a aspectos referentes à temperatura e umidade relativa do ar. No que diz respeito ao conforto térmico dos ambientes de trabalho, de acordo com a ASHRAE - *American Society of Heating Refrigerating and Air Conditioning Engineers* - apud SCIGLIANO e ROLLO (2001, p.9) há uma perda de eficiência humana de 1,8 % para cada grau que a temperatura ambiente subir acima de 27 °C, comprometendo a produtividade e a qualidade do trabalho. A zona de conforto térmico é definida segundo várias metodologias, dentre elas destaca-se a de GIVONI (1992), na qual a zona de conforto para países em desenvolvimento está entre 18 °C e 29 °C. A tabela 1 caracteriza resumidamente metodologias de distintos autores que definem os limites de conforto. BARBOSA (1997) propõe avaliar o desempenho térmico de espaços interiores com base na utilização dos limites de conforto de GIVONI (1992).

Além dos aspectos referentes ao conforto térmico, a manutenção da qualidade do ar dos espaços interiores relaciona-se também às características quanto à composição química do ar. Segundo TOLEDO (2000, p.19), os dados experimentais comprovam que a concentração de dióxido de carbono, proveniente da respiração das pessoas, não chega a constituir um problema nos tipos comuns de edifícios, servindo, entretanto, como um meio de controle das características da ventilação de um ambiente. TOLEDO (2000, p.20) afirma também que, nas épocas de calor, o mal estar provém usualmente, da elevação da temperatura do ar e do aumento da umidade, provocados pelas pessoas que se encontram no ambiente, e que vão tornando cada vez mais difícil a dissipação do calor humano. SCIGLIANO e ROLLO (2001, p.16) apresentam as conseqüências para o ser humano devido a variação da concentração de oxigênio no ar, conforme tabela 2.

Dentro do contexto da manutenção da qualidade do ar interior nas edificações, a ventilação tem um papel determinante. No âmbito da ventilação natural são determinantes o controle dos fluxos de ar na altura do usuário - ventilação de conforto – e junto ao forro - ventilação higiênica.

MASCARÓ (1991, p. 68) afirma que o projeto das esquadrias tem uma relação direta com a economia de energia, fruto da climatização artificial dos ambientes. Ainda no que tange ao projeto de esquadrias, BROWN (2004, p. 263) e ROAF (2006, p. 131) destacam que a concepção de uma esquadria deve satisfazer simultaneamente as necessidades vinculadas à ventilação natural e à iluminação. ROAF (2006, p. 131) apresenta ainda exemplos de projetos com esquadrias cumprindo funções diferenciadas com relação às variáveis iluminação e ventilação natural como também integradas simultaneamente. CUNHA et al (2006, p.101-115) apresenta também exemplos de soluções de esquadrias que contemplam simultaneamente as funções de proteção e controle, tanto no âmbito da ventilação natural quanto no da iluminação. RIVERO (1985, p.112) afirma que, considerando a necessidade de adaptação das esquadrias à Arquitetura, em climas temperados, deve ocorrer a ventilação de verão e de inverno. Nesse sentido, apresenta esquematicamente propostas de janelas exteriores e portas interiores, com dispositivos que garantem a ventilação de conforto e higiênica. O trabalho de Viegas (1996) é outra importante referência no sentido do entendimento do projeto das esquadrias externas e internas

em edificações residenciais. VIEGAS (1996, p.4) determina que é de fundamental importância o controle da forma de ventilar, ou seja, dos fluxos de ar, no sentido de evitar-se correntes de ar indesejáveis.

Tabela 1 – valores limites de temperatura e umidade das zonas de conforto propostas por algumas metodologias

Metodologia	TEMPERATURA DO AR		UMIDADE DO AR		Observação
	Limite mínimo	Limite máximo	Limite mínimo	Limite máximo	
ASHRAE 55-74	> 20,0 °C TE	< 26,1 °C TE	> 5 mm Hg	< 14 g/Kg	
ASHRAE 55-81	> 23,0 °C TE > 20,0 °C TE	> 27,0 °C TE > 24,0 °C TE	> 4 g/Kg	< 12 g/Kg	Verão Inverno
ASHRAE 55-92	> 23,0 °C TE > 20,0 °C TE	> 26,0 °C TE > 23,5 °C TE	> 4,5 g/Kg e 30%	< 60%	Verão Inverno
GIVONI original	> 21,0 °C	< 26,0 °C < 25,0 °C	> 5 mm Hg	< 17 mm Hg e 80%	Baixas umidades Altas umidades
GIVONI E MILNE	> 22,7 °C > 20,0 °C	< 27,0 °C < 24,0 °C	> 20%	< 80%	Verão inverno
GONZALES	> 22,0 °C	< 29,0 °C < 26,5 °C	> 4 g/Kg	< 14 mm Hg e 75%	Baixa umidade Alta umidade
GIVONI 92 Países desenvolvidos	> 20,0 °C > 18,0 °C	< 27,0 °C < 25,0 °C	> 4 g/Kg	< 80% e 15 g/Kg	Verão Inverno
GIVONI 92 Países em desenvolvimento	> 18,0 °C	< 29,0 °C < 26,0 °C	> 4 g/Kg	< 80% e 17 g/Kg baixa umidade altas umidades	Verão Baixa umidade
SZOKOLAY	> 18,0 °C TMA +- 2 K SET 18,5 °C TMM +- 1,75 K SET	< 25,0 °C 28,5 °C	> 4 g/Kg	< 12 g/Kg	Inverno Limites variáveis com o clima local
WATSON& LABS	> 20,0 °C TE	< 25,6 °C TE	> 5 mm Hg	< 80%	

Fonte: BARBOSA (1997, p.50) apud MENEZES (2005, p.46)

Tabela 2 – Conseqüências para o ser humano devido a variação da concentração de oxigênio

Porcentagem de oxigênio no ar medida em volume	Conseqüências
entre 21% e 18%	Sem alteração
entre 18% e 16%	Dificuldades para respirar
entre 16% e 11%	Dor de cabeça
entre 11% e 8%	Ânsia de vômito e desmaio

Fonte: SCIGLIANO e ROLLO (2001, p.16)

Não há dúvidas quanto à importância do sistema de esquadrias na qualidade do ar interior. No caso da Faculdade de Engenharia e Arquitetura da Universidade de Passo Fundo verificou-se a existência de sistemas de esquadrias com características muito diferentes no que diz respeito ao controle da radiação solar direta e a possibilidade de manutenção da ventilação higiênica e de conforto. As figuras 1 e 2 ilustram as esquadrias das salas de aula e laboratórios do curso de Engenharia de Alimentos, as quais não possuem dispositivos de controle de radiação solar externos ou caixilhos que possibilitem ventilação higiênica e de conforto. Foram analisadas no prédio do curso de Engenharia de Alimentos salas com orientação norte (salas 103, 104, 109 e Laboratório de Carnes) e sul (Laboratório de Operações Unitárias). As esquadrias das salas de aula (sala 27) do curso de Arquitetura e Urbanismo apresentam protetores solares externos e caixilhos em alturas diferenciadas possibilitando ventilação de conforto e higiênica.



Figura 1 – Esquadrias do prédio do curso de Engenharia de Alimentos – vistas externa e interna



Figura 2 – Esquadrias do prédio do curso de Arquitetura e Urbanismo – vistas externa e interna

A tabela 3 apresenta uma descrição completa das salas de aula. São observados o sistema de esquadrias, a presença de sistemas de proteção solar externos e/ou internos, e as características dos vidros. As salas apresentam pequenas variações nas dimensões.

Tabela 3 – Descrição das salas de aula e laboratórios analisados

Proteção solar externa, policarbonato alveolar e estrutura metálica;	Proteção solar interna – persiana vertical cor azul matinho	Proteção solar interna – persiana vertical cor azul matinho	Sem proteção solar	Sem proteção solar	Proteção solar interna – persiana vertical - bege
Janela com dispositivos na altura do usuário e acima da altura do usuário	Janela com dispositivo apenas na altura dos usuários	Janela com dispositivo apenas na altura dos usuários	Janela com dispositivo apenas na altura dos usuários	Janela com dispositivo apenas na altura dos usuários	Janela com dispositivo apenas na altura dos usuários
Funcionamento maxim-air Vidro transparente 3 mm	Funcionamento de correr Vidro transparente 3 mm	Funcionamento de correr Vidro transparente 3 mm	Funcionamento de correr Vidro transparente 3 mm	Funcionamento de correr Vidro transparente 3 mm + película fumê	Funcionamento de correr Vidro transparente 3 mm

O objetivo do trabalho é apresentar uma análise comparativa das características microclimáticas das salas de aula com base no monitoramento das variáveis climáticas temperatura de bulbo seco e umidade relativa do ar. Com base nesse levantamento, foram verificados o número de alunos satisfeitos e insatisfeitos com os espaços analisados, considerando calor e frio. Para isso, foi utilizado o VME, Voto Médio Estimado de Fanger (1970), definido como uma escala de -3 a +3 que define o grau de insatisfação dos usuários com o espaço.

2. METODOLOGIA DE TRABALHO

Para a realização das medições das variáveis climáticas foi observada a norma ISO 7726, a qual definiu o procedimento de aquisição de dados. Foram determinados três pontos em cada sala de aula, um próximo da janela e outros dois afastados da mesma. As medições ocorreram sempre às 15:00 h. Os equipamentos utilizados foram seis termo-higrômetros digital, marca *Intrutherm*. As medições foram realizadas a 1,20 m do nível do solo, acordando com a NBR 15220. Os aparelhos foram deixados 10 minutos em cada ponto de medição no sentido de possibilitar a estabilização da temperatura. As salas foram monitoradas quando vazias, duas ou três vezes por semana. As fontes de calor presentes nos espaços foram desprezadas, considerando os baixos valores da potência dos equipamentos existentes. As esquadrias estiveram 5% abertas com um escoamento sempre inferior a 0,1 m/s. Os valores das temperaturas apresentados nos gráficos relacionam-se tanto às médias como também aos valores das medições das variáveis nas salas.

Para a determinação do VME definiu-se, primeiramente, a atividade e o respectivo metabolismo dos usuários dos espaços. Definiu-se também a vestimenta dos usuários nos períodos de verão e inverno. De posse desses dados, da resistência térmica das vestimentas, do metabolismo e da atividade física definida para os usuários do espaço interior, determinou-se o VME. Com base no trabalho de RUAS (1999, p.45-60) foi possível determinar o percentual de usuários satisfeitos e insatisfeitos em decorrência do calor e do frio. A tabela 4 apresenta os valores utilizados para a resistência da vestimenta (clo) e o metabolismo (W/m^2), fruto das atividades dos usuários.

Tabela 4 – Valores referenciais de isolamento da vestimenta para a determinação do VME

Metabolismo	W/m^2
Atividade sentado – 1 Met, 58,2 W/m^2	58,2
Resistência da vestimenta	clo
Verão	
Cueca – 0,04, camiseta – 0,18, calça folgada – 0,22, sapato – 0,05, meia esportiva – 0,02	0,51
Inverno	
Cueca – 0,04, camisa manga longa – 0,33, calça folgada – 0,24, casaco – 0,55, sapato – 0,05, meia esportiva – 0,02, Suéter – 0,25	1,48

FONTE: ISO 9920 apud RUAS (1999, p.23 – 28)

3. MEDIÇÕES REALIZADAS

As medições das variáveis climáticas temperatura e umidade relativa do ar apontaram diferenças consideráveis, entre as distintas configurações de janelas, no que tange às características microclimáticas dos espaços interiores. A sala 27 do curso de Arquitetura, a qual possui dispositivos de controle dos fluxos de ventilação – verão e inverno – e protetor solar em policarbonato alveolar com estrutura metálica, sempre apresentou temperaturas inferiores às salas de aula do curso de Engenharia de Alimentos, as quais não possuem dispositivos de controle da radiação solar externamente, e que possibilitem a ventilação de verão e inverno. As diferenças de temperatura estiveram acima dos 5 °C no período de verão e inverno. A figura 3 apresenta as temperaturas médias semanais fruto das medições de dezembro, nas quais observam-se as menores temperaturas na sala 27. Na primavera e outono as diferenças estiveram na faixa dos 3 °C. Até mesmo as salas com orientação sul estiveram com temperaturas superiores a da sala 27, na faixa 2,5 °C. A tabela 5 apresenta um quadro resumido das médias das temperaturas de bulbo seco nas quatro estações do ano, e a tabela 6, as médias das umidades relativas do ar.

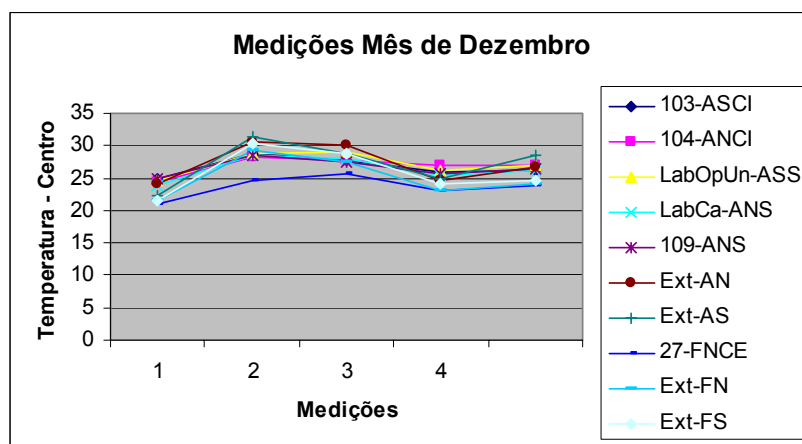


Figura 3 – Gráfico com as medições do mês de dezembro

Observando a tabela 5 ficam claras as diferenças de ambiência dos espaços com esquadrias com dispositivos de controle de radiação solar e mecanismos que garantam a ventilação natural seletiva. As maiores temperaturas das salas do prédio do curso de Engenharia de Alimentos foram proporcionadas com base nos ganhos térmicos indesejáveis no verão. A análise do Voto Médio Estimado permite dimensionar os problemas dos ganhos térmicos de verão e as conseqüências das maiores temperaturas no inverno.

4. DETERMINAÇÃO DO VME E DO PERCENTUAL DE USUÁRIOS INSATISFEITOS

A análise do cálculo do VME permite a observação das conseqüências das maiores temperaturas nas salas de aula e laboratórios do prédio do Curso de Engenharia de Alimentos. Ou seja, é possível observar o grau de satisfação ou insatisfação dos usuários dos espaços. As tabelas 5 e 6 caracterizam a determinação do VME e do PEI dos espaços interiores. É importante ressaltar que os valores do VME foram obtidos com base na utilização do trabalho de RUAS (1999, p.47) no qual é possível determinar o VME considerando a velocidade do vento, o isolamento térmico da vestimenta, a temperatura de bulbo seco do ambiente e o grau de atividade física dos usuários do espaço. A impossibilidade de considerar a temperatura média radiante dos ambientes, em decorrência da carência de equipamentos, impossibilitou a verificação do Δ_{VME} , apresentado por FANGER (1970) apud RUAS (1999, p.63-65).

Observando os meses de dezembro e janeiro verifica-se que os 4 °C de diferença entre a temperatura das salas 27 (com proteção solar externa) e 104 (sem proteção solar interna) gerou uma diferença de 22 % de insatisfação dos usuários dos espaços, ou seja, numa sala de aula com 50 alunos, aproximadamente 12 alunos estariam em situação de desconforto proporcionado pelo calor na sala 104, enquanto que na 27 apenas 1 aluno estaria sentindo calor. O grau de insatisfação dos usuários em decorrência do calor nas salas do edifício do curso de Engenharia de Alimentos variou, nos meses de dezembro e janeiro, entre 9,17 % e 24,44 %. No mesmo período na sala 27 a variação foi de 0,87 % a 2,2 %. Analisando os dois grupos de estratégias com relação à proteção solar e a ventilação natural verifica-se que a diferença higro-térmica das salas é considerável.

Para os meses frios verifica-se que há uma variação bastante grande nos resultados. A sala 27 apresentou um percentual de insatisfeitos na faixa de aproximadamente 50% no mês de junho. Já a sala 104, o Laboratório de Operações Unitárias, o Laboratório de Carnes e a sala 109 apresentaram valores de insatisfação muito oscilantes quanto ao frio variando aproximadamente entre 1 % e 82 %. No prédio da Engenharia de Alimentos a sala 103 apresentou os melhores resultados no inverno. O percentual de insatisfeitos quanto ao frio variou entre 0,57 % e 3,51 %.

A análise global das medições, caracterizada na figura 4, aponta também para a constatação de que a sala 27, no período de verão, apresenta um percentual de insatisfeitos menores do que as salas sem proteção solar. Já no período de inverno a consideração nas conclusões das medições realizadas,

desconsiderando, portanto, os valores médios, apontam um percentual maior de insatisfeitos considerando o desconforto provocado pelo frio.

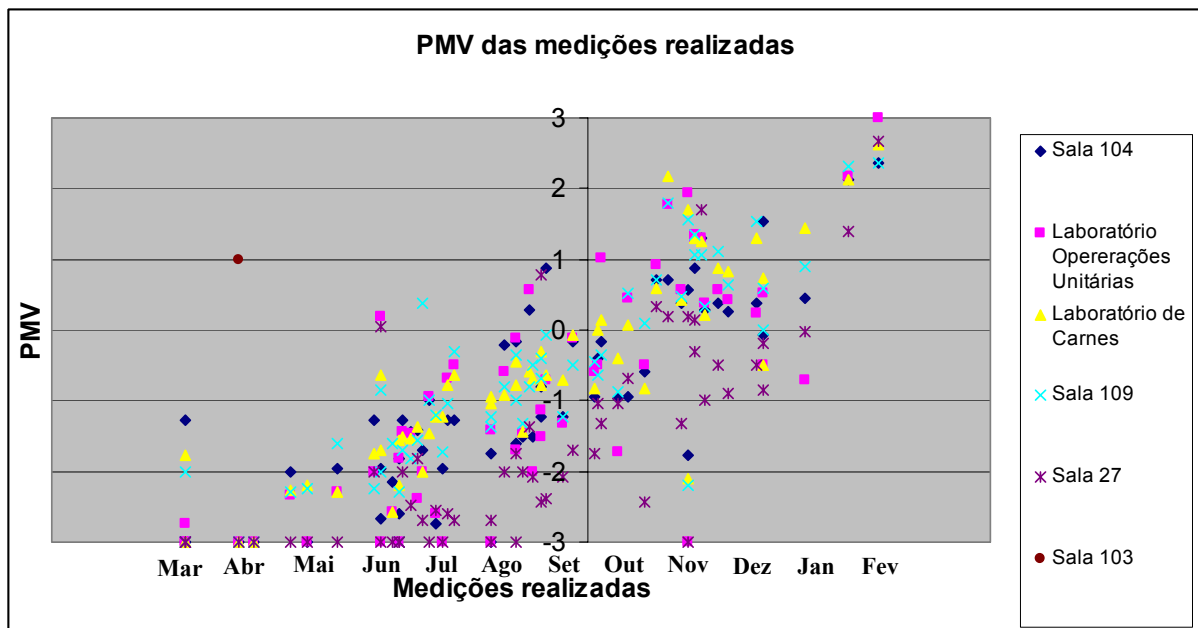


Figura 4 –Determinação do VME – valores medidos ao longo do ano próximos das janelas - salas 27, 103, 104, Laboratório de operações unitárias, Laboratório de carnes e sala 109

No mês de março verifica-se que as salas sem sistema de proteção apresentaram um percentual de insatisfação em decorrência do frio menor do que a sala 27, ou seja, os ganhos térmicos não geraram maiores problemas como no caso do verão. Já no mês de setembro verifica-se um equilíbrio de valores no que tange ao percentual de insatisfeitos em decorrência do frio.

Os ganhos térmicos nas salas do curso de Engenharia de Alimentos possibilitaram menores problemas quanto à insatisfação dos usuários em período frio, porém, não podemos esquecer que a radiação solar direta no plano de trabalho compromete a acuidade visual dos usuários dos espaços. A proteção solar interna poderá nesses casos ser utilizada, porém, não há compatibilidade entre a ventilação natural e as cortinas, ou seja, se as janelas estiverem abertas, o vento movimentará as cortinas e atrapalhará os alunos situados próximos das esquadrias.

Tabela 5 –Determinação do VME e do PEI – temperaturas médias mensais - salas 27, 103 e 104

		Sala 27 - FEAR			Sala 103			Sala 104		
JANEIRO	<i>Média do Mês</i>	27,20			28,7			29,35		
	<i>V. M. E.</i>	-0,03524			0,65596			0,96548		
	% <i>Insatisfeitos</i>	Frio (%)	Calor (%)	Total(%)	Frio (%)	Calor (%)	Total(%)	Frio (%)	Calor (%)	Total(%)
		2,75	2,2	4,95	0,23	13,87	14	0	24,44	24,44
MARÇO	<i>Média do Mês</i>	24,55			27,95			26,5		
	<i>V. M. E.</i>	-1,25636			0,31036			-0,3578		
	% <i>Insatisfeitos</i>	Frio (%)	Calor (%)	Total(%)	Frio (%)	Calor (%)	Total(%)	Frio (%)	Calor (%)	Total(%)
		38,93	0	38,93	0,87	6,1	6,97	6,96	0,74	7,7
ABRIL	<i>Média do Mês</i>	21,15			26,45			24,25		
	<i>V. M. E.</i>	-2,82			-0,38084			-1,3946		
	% <i>Insatisfeitos</i>	Frio (%)	Calor (%)	Total(%)	Frio (%)	Calor (%)	Total(%)	Frio (%)	Calor (%)	Total(%)
		96,05	0	96,05	7,38	0,68	8,06	46,03	0	46,03
MAIO	<i>Média do Mês</i>	21,15			23,15			20,9		
	<i>V. M. E.</i>	-2,82			-1,9			-2,9		
	% <i>Insatisfeitos</i>	Frio (%)	Calor (%)	Total(%)	Frio (%)	Calor (%)	Total(%)	Frio (%)	Calor (%)	Total(%)
		96,05	0	96,05	72,48	0	72,48	97,9	0	97,9
JUNHO	<i>Média do Mês</i>	22			27,05			20,95		
	<i>V. M. E.</i>	-1,47			0,432985			-1,87		
	% <i>Insatisfeitos</i>	Frio (%)	Calor (%)	Total(%)	Frio (%)	Calor (%)	Total(%)	Frio (%)	Calor (%)	Total(%)
		50,39	0	50,39	0,57	8,35	8,92	71,17	0	71,17
JULHO	<i>Média do Mês</i>	21,25			25,6			22,5		
	<i>V. M. E.</i>	-1,75			-0,11468			-1,28		
	% <i>Insatisfeitos</i>	Frio (%)	Calor (%)	Total(%)	Frio (%)	Calor (%)	Total(%)	Frio (%)	Calor (%)	Total(%)
		65,43	0	65,43	3,51	1,7	5,21	40,16	0	40,16
AGOSTO	<i>Média do Mês</i>	18,7			25,7			20,95		
	<i>V. M. E.</i>	-2,72			-0,07691			-1,87		
	% <i>Insatisfeitos</i>	Frio (%)	Calor (%)	Total(%)	Frio (%)	Calor (%)	Total(%)	Frio (%)	Calor (%)	Total(%)
		93,73	0	93,73	3,13	1,92	5,05	71,17	0	71,17
SETEMBRO	<i>Média do Mês</i>	17,9			23,9			19,9		
	<i>V. M. E.</i>	-3			-1,55			-3		
	% <i>Insatisfeitos</i>	Frio (%)	Calor (%)	Total(%)	Frio (%)	Calor (%)	Total(%)	Frio (%)	Calor (%)	Total(%)
		100	0	100	54,79	0	54,79	100	0	100
OUTUBRO	<i>Média do Mês</i>	24,95			26,05			24,95		
	<i>V. M. E.</i>	-1,07204			-0,56516			-1,07204		
	% <i>Insatisfeitos</i>	Frio (%)	Calor (%)	Total(%)	Frio (%)	Calor (%)	Total(%)	Frio (%)	Calor (%)	Total(%)
		29,88	0	29,88	11,5	0,34	11,84	29,88	0	29,88
NOVEMBRO	<i>Média do Mês</i>	23,85			26,45			26,6		
	<i>V. M. E.</i>	-1,57			-0,38084			-0,31172		
	% <i>Insatisfeitos</i>	Frio (%)	Calor (%)	Total(%)	Frio (%)	Calor (%)	Total(%)	Frio (%)	Calor (%)	Total(%)
		55,88	0	55,88	7,38	0,68	8,06	6,16	0,86	7,02
DEZEMBRO	<i>Média do Mês</i>	26,6			28,4			28,95		
	<i>V. M. E.</i>	-0,31172			0,51772			0,77116		
	% <i>Insatisfeitos</i>	Frio (%)	Calor (%)	Total(%)	Frio (%)	Calor (%)	Total(%)	Frio (%)	Calor (%)	Total(%)
		6,16	0,87	7,03	0,41	10,22	10,63	0,11	17,5	17,61

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como considerações finais, inicialmente, são apresentados alguns aspectos que devem ser considerados na análise final dos dados levantados. A carência de equipamentos e bolsistas impossibilitou o monitoramento diário das salas analisadas. Seria mais enriquecedor para a análise final a possibilidade de monitorar, pelo menos das 08:00 h da manhã às 22:00 h, diariamente, as variáveis temperatura de bulbo seco, umidade relativa do ar e temperatura superficial das paredes. A dificuldade do monitoramento da temperatura média radiante, conforme já caracterizada, impossibilitou a verificação do Δ_{VME} , apresentado por FANGER (1970) apud RUAS (1999, p.63-65). Considerando a baixa velocidade do vento nas salas de aula, para cada 1°C que a temperatura média radiante estivesse superior a temperatura do ambiente, poderia haver um incremento de até 0,15 no VME no verão e de 0,08 no inverno. Os resultados da análise, apesar da impossibilidade da consideração da *t_{mr}*, permitem a verificação das melhores características térmicas da sala com o sistema de proteção solar.

Tabela 6 –Determinação do VME e do PEI – temperaturas médias mensais - Laboratório de operações unitárias, Laboratório de carnes e sala 109

		Laboratório OperaçõesUnitárias			Laboratório Carnes			Sala 109		
JANEIRO	Média do Mês	28,3			28,85			28,55		
	V. M. E.	0,47164			0,72508			0,58684		
	% Insatisfeitos	Frio (%)	Calor (%)	Total(%)	Frio (%)	Calor (%)	Total(%)	Frio (%)	Calor (%)	Total(%)
		0,49	9,17	9,66	0,16	15,99	16,15	0,32	11,95	12,27
MARÇO	Média do Mês	27,2			28,05			27,45		
	V. M. E.	-0,03524			0,35644			0,07996		
	% Insatisfeitos	Frio (%)	Calor (%)	Total(%)	Frio (%)	Calor (%)	Total(%)	Frio (%)	Calor (%)	Total(%)
		2,75	2,2	4,95	0,74	6,88	7,62	1,89	3,16	5,05
ABRIL	Média do Mês	23,8			25,85			24,95		
	V. M. E.	-1,6			-0,65732			-1,07204		
	% Insatisfeitos	Frio (%)	Calor (%)	Total(%)	Frio (%)	Calor (%)	Total(%)	Frio (%)	Calor (%)	Total(%)
		57,51	0	57,51	14,07	0,22	14,29	29,88	0	29,88
MAIO	Média do Mês	19,85			25,85			24,95		
	V. M. E.	-3			-0,65732			-1,07204		
	% Insatisfeitos	Frio (%)	Calor (%)	Total(%)	Frio (%)	Calor (%)	Total(%)	Frio (%)	Calor (%)	Total(%)
		100	0	53,14	14,07	0,22	14,29	29,88	0	29,88
JUNHO	Média do Mês	19,85			27,75			21,75		
	V. M. E.	-2,28			0,697375			-1,56		
	% Insatisfeitos	Frio (%)	Calor (%)	Total(%)	Frio (%)	Calor (%)	Total(%)	Frio (%)	Calor (%)	Total(%)
		81,59	0	81,59	0,19	15,11	15,3	55,33	0	55,33
JULHO	Média do Mês	22,4			25			24,45		
	V. M. E.	-1,32			-0,3413			-0,549035		
	% Insatisfeitos	Frio (%)	Calor (%)	Total(%)	Frio (%)	Calor (%)	Total(%)	Frio (%)	Calor (%)	Total(%)
		42,27	0	42,27	6,66	0,78	7,44	11,1	0,36	11,46
AGOSTO	Média do Mês	20,35			21,15			21		
	V. M. E.	-2,09			-1,79			-1,85		
	% Insatisfeitos	Frio (%)	Calor (%)	Total(%)	Frio (%)	Calor (%)	Total(%)	Frio (%)	Calor (%)	Total(%)
		79,12	0	79,12	67,42	0	67,42	70,27	0	70,27
SETEMBRO	Média do Mês	19,5			19,2			22,05		
	V. M. E.	-3			-3			-2,4		
	% Insatisfeitos	Frio (%)	Calor (%)	Total(%)	Frio (%)	Calor (%)	Total(%)	Frio (%)	Calor (%)	Total(%)
		100	0	100	100	0	100	86,31	0	86,31
OUTUBRO	Média do Mês	24,8			25,4			25,75		
	V. M. E.	-1,14116			-0,86468			-0,7034		
	% Insatisfeitos	Frio (%)	Calor (%)	Total(%)	Frio (%)	Calor (%)	Total(%)	Frio (%)	Calor (%)	Total(%)
		33,16	0	33,16	21,11	0,05	21,16	15,48	0,17	15,65
NOVEMBRO	Média do Mês	27,3			27,2			-0,1		
	V. M. E.	0,01084			-0,03524			-0,10436		
	% Insatisfeitos	Frio (%)	Calor (%)	Total(%)	Frio (%)	Calor (%)	Total(%)	Frio (%)	Calor (%)	Total(%)
		2,37	2,54	4,91	2,75	2,2	4,95	3,4	1,75	5,15
DEZEMBRO	Média do Mês	29,05			28,45			28,5		
	V. M. E.	0,81724			0,54076			0,5638		
	% Insatisfeitos	Frio (%)	Calor (%)	Total(%)	Frio (%)	Calor (%)	Total(%)	Frio (%)	Calor (%)	Total(%)
		0,07	19,1	19,17	0,38	10,77	11,15	0,35	11,35	11,7

Para a próxima etapa da pesquisa serão simulados, com base na utilização do software *Energy Plus*, o desempenho térmico das salas analisadas. As simulações permitirão avaliar os resultados obtidos até o momento, como também será possível simular diferentes sistemas de esquadrias e proteção solar. Um segundo importante aspecto a ser mais bem trabalhado no desenvolvimento da pesquisa é a análise das proteções internas, cortinas nas cores brancas e azul marinho, na ambiência dos espaços interiores.

Observando os resultados obtidos nas medições, verifica-se que a configuração das esquadrias da edificação do curso de Engenharia de Alimentos está comprometendo a qualidade térmica das salas de aula no período de verão. Os maiores percentuais de insatisfeitos, em decorrência do calor, principalmente no mês de janeiro, mostram que tanto a falta de sistema de proteção solar externo, como também a configuração inadequada das aberturas no que tange à possibilidade de ventilação higiênica e de conforto, são determinantes na insatisfação dos alunos. Conforme apresentado no item anterior, as diferenças entre o grau de insatisfação dos usuários com relação ao calor, comparando a sala 27 com as salas e laboratórios do curso de Engenharia de Alimentos, chegaram a 23 %. Esse valor é significativo, enquanto $\frac{1}{4}$ dos alunos sentem calor nas salas do curso de Engenharia de Alimentos, apenas 2% dos alunos estão nessa situação na sala 27. A maior insatisfação dos alunos das salas do curso de Engenharia de Alimentos é fruto de diferenças de temperaturas entre as configurações analisadas superiores, no verão, a faixa de 5 °C.

Os dados de inverno mostram que há um maior percentual de insatisfação na sala 27 em decorrência das menores temperaturas, na faixa de 3 °C nos casos mais extremos e 1,5 °C nas melhores situações.

As diferenças de temperatura e de percentual de insatisfação no período de inverno são mais homogêneas no que diz respeito às configurações de janelas e sistemas de proteção analisados.

Os resultados da pesquisa serão apresentados ao corpo técnico da Universidade em forma de relatório no final do primeiro semestre letivo de 2007.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. (2005) *NBR 15220: Desempenho térmico de edificações*. Rio de Janeiro.

BARBOSA, M. J. (1997) *Uma metodologia para especificar e avaliar o desempenho térmico de edificações residenciais unifamiliares*, 1997. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

Eduardo Grala da Cunha (org) (2006) *Elementos de Arquitetura de Climatização Natural: método de projetual buscando a eficiência nas edificações*. Porto Alegre: Masquatro Editora. 188 p.

FANGER, O. (1970) *Thermal Comfort – Analysis and application in environmental engineering*. Copenhagen, 244 p.

GIVONI, B. (1992) *Comfort, climate analysis and building design guidelines: energy and Buildings*. Lausanne, v.18.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDANDIZATION. (1985) *ISO 7726: Thermal Environments – instruments and methods for measuring physical quantaties*: Switzerland.

MASCARÓ, Lúcia Raffó de. (1991) *Energia na Edificação: estratégias de minimizar o seu uso*. São Paulo: Projeto Editores Associados, 2 ed., 213 p.

MENEZES, Milton Serpa. (2006) *Avaliação do desempenho térmico de habitações sociais de Passo Fundo – RS*. Dissertação de Mestrado defendida junto ao programa de Mestrado em Infra-estrutura e Meio Ambiente, Universidade de Passo Fundo. Passo Fundo.

RIVERO, Roberto. (1985) *Arquitetura e Clima: acondicionamento térmico natural*. Porto Alegre: D. C. Luzatto e Editora da UFRGS.

ROAF, Sue. (2006) *Ecohouse. A casa ambientalmente sustentável*. Susan Roaf, Manuel Fuentes, Stephanie Thomas. Tradução Alexandre Salvaterra. Porto Alegre: Bookman, 2 ed., 408 p.

RUAS, Álvaro César. (1999) *Conforto Térmico nos Ambientes de Trabalho*. São Paulo: Fundacentro.

SCIGLIANO, Sérgio, HOLLO, Vilson. (2001) *IVN – Índice de ventilação natural*. São Paulo: Pini.

TOLEDO, Eustáquio. (1999) *Ventilação natural das habitações*. Maceió: EDUFAL.

VIEGAS, João Carlos. (1996) *Ventilação natural de edifícios de habitações*. 2ª ed. Lisboa: LNEC.

7. AGRADECIMENTOS

Os autores do trabalho agradecem a Universidade de Passo Fundo e o curso de Engenharia de Alimentos da Faculdade de Engenharia e Arquitetura pelo apoio à realização da pesquisa por intermédio dos bolsistas PVIC, e pela disponibilidade de utilização das instalações físicas para a realização das medições.