

# A VENTILAÇÃO NATURAL COMO ESTRATÉGIA VISANDO PROPORCIONAR CONFORTO TÉRMICO E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NO AMBIENTE INTERNO.

Wagner Augusto Andreasi<sup>1</sup> & Rogério de Souza Versage<sup>2</sup>.

<sup>1</sup>Professor M.Eng<sup>a</sup>.da UFMS, Laboratório de Análise e Desenvolvimento de Edificações, Departamento de Estrutura e Construção; e-mail: andreasi@dec.ufms.br

<sup>2</sup>Aluno do Curso de Arquitetura e Urbanismo da UFMS, bolsista de Iniciação Científica - Convênio ECV943/03-Eletróbrás/Procel/FUFMS

**Resumo:** Este trabalho aborda a ventilação natural e sua importância para o conforto térmico nos clima quente úmido predominantes no Brasil. Através de revisão bibliográfica busca conhecer as questões do bioclimatismo, sensações térmicas e os processos de ventilação natural como uma estratégia eficiente na busca de conforto térmico. Subsidiada à revisão bibliográfica são feitas análises nos ambientes do Restaurante Universitário da UFMS. Foram analisados termicamente seis dias de funcionamento normal no restaurante, sendo que em três foram feitas medições no refeitório e noutros três na cozinha. Para tal foram utilizados uma estação de monitoramento ambiental BABUC e um sensor de umidade e temperatura HOBO. Os dados colhidos transformados em gráficos e tabelas foram analisados de maneira a identificar o comportamento térmico do edifício do Restaurante. Ao final, apresenta um parecer do comportamento diferenciado entre o ambiente salão e cozinha, onde ambos apresentam condições de conforto insatisfatórias. O estudo das sensações térmicas nesses ambientes acusa a temperatura radiante proveniente do telhado como principal fonte de calor, desabilitando a ventilação natural como estratégia efetiva para o conforto. Desta maneira foram identificadas outras prioridades para a obtenção do conforto térmico nos ambientes do RU deixando a ventilação natural como estratégia complementar dentro das características atuais do restaurante.

**Palavras-chave:** Ventilação Natural - Conforto Ambiental - Eficiência Energética.

## INTRODUÇÃO

A ventilação natural é o fenômeno da movimentação do ar no interior das edificações sem a indução de nenhum sistema mecânico, segundo TOLEDO (1999) ocorre por diferença de pressão do ar, que pode ocorrer por ação dos ventos ou diferença de densidade do ar devido à diferença de temperatura. Em ambos processos é obrigatória a existência de aberturas para que o ar possa fluir pelo edifício. De acordo com BOWER (1995), somente com a diferença de pressão e a existência de aberturas é possível haver a ventilação natural. A ação dos ventos atua sobre o edifício gerando zonas de pressão e subpressão. A diferença de pressão devido à temperatura provoca o efeito “chaminé”, fenômeno ocorrido pela diferença de temperatura em alturas de massas de ar que promove a diferença de densidade do ar entre

seus níveis, fazendo com que o ar aquecido suba, gerando assim diferenças de pressão. A diferença de pressão por ação dos ventos e pelo efeito “chaminé” também podem ocorrer simultaneamente, havendo a conjunção ou oposição dos efeitos de cada fenômeno.

A ventilação natural é capaz de proporcionar a renovação do ar de um ambiente e a velocidade do ar sobre as pessoas é fundamental para o alcance do conforto térmico. Para FROTA e SCHIFFER (2003), em regiões de clima quente úmido, como no Brasil, a ventilação natural é a estratégia mais simples para promover o conforto térmico quando a temperatura interna se torna elevada. O fluxo de ar sobre a pele dá a sensação de resfriamento aos ocupantes, principalmente em temperaturas acima de 30°C.

JONES (2001) considera como um dos principais benefícios da ventilação natural a redução do consumo de energia, minimizando diretamente o uso de sistemas de ventilação mecânica e ar condicionado.

Segundo GIVONI (1998) o calor produzido pelo corpo humano através do metabolismo é transferido ao ambiente por convecção e irradiação, chamadas de trocas secas. O calor também pode ser perdido pela evaporação da água dos pulmões, através da respiração, e pela evaporação do suor expelido pelas glândulas na pele. As trocas por convecção dependem da velocidade e da temperatura do ar no ambiente. Enquanto as trocas por irradiação, num ambiente interno, dependem da temperatura dos materiais do ambiente, conhecida como temperatura radiante média.

Existem duas maneiras da ventilação proporcionar conforto. Com a velocidade do ar proporcionando uma sensação de resfriamento aos ocupantes ou através da ventilação noturna, quando esta poderá reduzir a massa térmica do edifício durante a noite, resfriando o ambiente para os períodos de ocupação. A ventilação natural para obtenção de conforto é indicada para climas onde a temperatura de ar externa esteja em condições aceitáveis de conforto, pois através desta estratégia se alcança o resfriamento com a temperatura interna se igualando a temperatura externa.

Segundo GRATIA, et al (2004) a ventilação diurna nos proporciona uma sensação de resfriamento nos ajudando a transpirar, a velocidade máxima aceitável em ambiente interno é de 0.8 m/s, o que nos dá a sensação de resfriamento em torno de 3°C. Essas sensações de resfriamento pela ventilação em velocidades de até 0,1 m/s só podem ser sentidas em temperaturas abaixo de 18°C, o que é indesejável. Sendo acima de 0.2 m/s, para temperaturas mais elevadas, que se pode tirar proveito da sensação de resfriamento através da velocidade do ar passando pelo corpo.

FANGER et al (1987) afirmam que para promover um ambiente confortável, é essencial um melhor entendimento das respostas do corpo humano ao movimento de ar, a partir disso desenvolver uma distribuição adequada da ventilação nos ambientes. Pois a ventilação também pode promover desconforto como com um resfriamento indesejado em alguma parte do corpo humano devido à ventilação. É comum esse desconforto em ambientes com ar condicionado como carros, ônibus e aviões, e essa sensação muitas vezes faz com que as pessoas interrompam a ventilação ou até aumentem a temperatura nos equipamentos de condicionamento de ar, o que não melhora as condições de conforto.

Segundo a ISO 7730 (1994) as principais respostas do corpo humano referente às sensações térmicas são as sensações de frio e calor, para análises e estudos, as sensações térmicas são divididas em sete níveis numa escala numérica:

-3	-2	-1	0	+1	+2	+3
Com muito frio	Com frio	Levemente com frio	Neutro (confortável)	Levemente com calor	Com calor	Com muito calor

Tabela 01 - Níveis de Conforto térmico

Fanger apud GIVONI (1998), em 1972 publicou sua pesquisa sobre sensações térmicas com a formulação da equação de balanço térmico. Através de funções estatísticas utilizando taxas de funções metabólicas, considerando que a condição de conforto térmico para o indivíduo está relacionada com a temperatura média da pele ( $t_{sk}$ ) e a taxa de secreção de suor ( $E_{sw}$ ), além das considerações do ambiente e da resistência térmica das vestimentas ( $clo$ ).

Fanger apud GIVONI (1998) define como conforto o estado entre levemente com frio e levemente com calor, dentre os sete níveis possíveis na escala de conforto térmico. O modelo matemático de Fanger conhecido como “equação de conforto” é largamente utilizada na definição das zonas de conforto.

Da equação de conforto, Fanger derivou a equação de “voto médio predito” (PMV), que sobre os sete pontos da escala de conforto e através de tabelas e gráficos se pode obter o resultado das sensações térmicas pelas taxas metabólicas, condições climáticas e valores da resistência das vestimentas ( $clo$ ). Também derivada da equação de conforto a equação de “porcentagem de pessoas insatisfeitas”, conhecida como PPD.

Como o PMV prevê o valor médio de um grande número de votantes expostos ao mesmo ambiente é possível estimar o número de votantes insatisfeitos sentindo frio ou calor.

Esse índice é conhecido como PPD (Predicted percentage of dissatisfied) ou porcentagem de pessoas insatisfeitas.

O PPD prevê a porcentagem dos votos em sensações de frio ou calor. Considerando que o resto dos votos está entre as sensações de levemente com frio e levemente com calor.

Porém segundo DEAR (2002) outra variável muito significativa também deve ser levada em conta além das vestimentas e atividade metabólica. Observando e analisando os edifícios naturalmente ventilados onde os ocupantes têm o controle de abrir e fechar as janelas, comparados com os ocupantes de edifícios artificialmente climatizados, DEAR (2002) conclui um modelo adaptativo, quando a adaptação do indivíduo ao clima torna-se uma variável de conforto considerável.

Com isso, são feitas análises nos ambientes do Restaurante Universitário da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, que possui uma arquitetura promotora de estratégias de ventilação através da orientação e posicionamento das aberturas, favorecendo o aproveitamento dos ventos predominantes em Campo Grande.

## METODOLOGIA

O estudo foi realizado na cidade de Campo Grande, definida pelas coordenadas geográficas 20°26'34'' latitude Sul, 54°38'47'' longitude Oeste e altitude de 532 metros, no Restaurante Universitário (RU) da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS). O Restaurante é um exemplar do conjunto arquitetônico modernista da UFMS projetado pelo Arquiteto Armênio Iranick Arakelian em 1969.



Figura 01 – Situação. Foto de satélite da área da UFMS.  
Fonte: Mapa Digital - Campo Grande 2004.

Segundo ARRUDA et al (1999) o Restaurante Universitário está localizado entre o Teatro Glauce Rocha e o Parque Aquático. Um edifício retangular longo e estreito com quase metade da área ocupada pela cozinha e sanitários, em uma extremidade, e o salão de refeições na outra. As grandes características do projeto são as 28 placas verticais em cada uma das laterais do prédio que funcionam como apoio estrutural e protetor solar. Estas placas têm formato trapezoidal tocando o solo próximo ao fechamento do prédio e subindo suavemente, em balanço até a sua extremidade oposta, elemento que pela forma e dimensões, aliado a uma espécie de pérgula longitudinal junto ao beiral, oferece grande leveza ao conjunto em um jogo de luz e sombra.

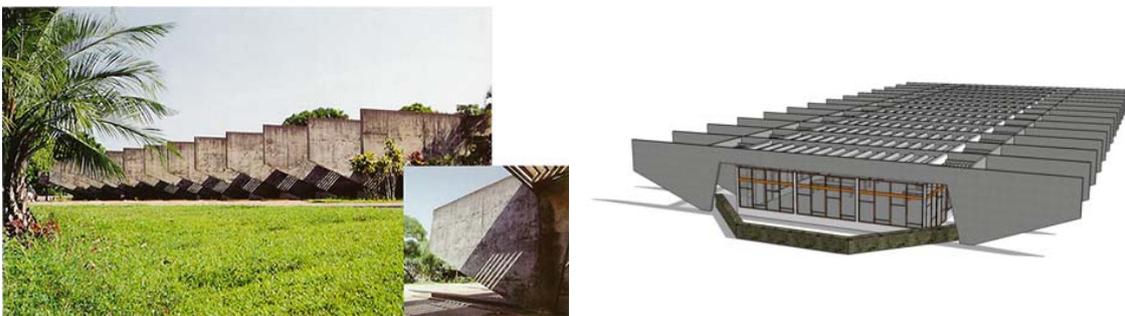


Figura 02 – Foto e Perspectiva do RU.  
Fontes: ARRUDA, et al (1999) e o Autor respectivamente.

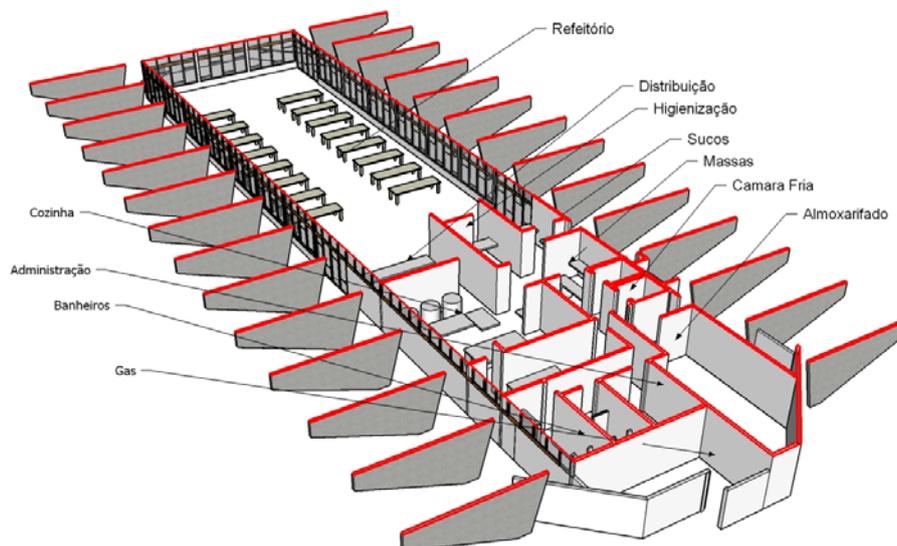


Figura 03 – Esquema da planta do RU.  
Fonte: O Autor.

O Clima em Campo Grande de acordo com o Perfil Socioeconômico de Campo Grande (2004), segundo classificação de Koppen, situa-se na faixa de transição entre o sub-tipo (Cfa) mesotérmico úmido sem estiagem onde a temperatura do mês mais quente é bem superior a 22°C e o mês mais seco mais de 30mm de chuvas e o sub-tipo (Aw) tropical úmido, chuvosa no verão e seca no inverno. Cerca de 75% das chuvas ocorre entre os meses

de outubro e abril, quando a temperatura média oscila em torno de 24°C. Os meses de menor precipitação são junho, julho e agosto.

Com carta bioclimática obtida através das normais climatológicas de Campo Grande é possível definir as diretrizes para projeto de edificações para o clima da cidade. Os dados físicos do ambiente são dispostos na carta e conforme sua disposição sobre as marcações pré-definidas chamadas de zonas de conforto são estabelecidas às estratégias de projeto para o alcance do conforto térmico dentro daqueles determinados dados de temperatura e umidade.

Segundo GIVONI (1998) as cartas bioclimáticas são gráficos que trabalham sobre uma base de dados climáticos para análise das características do ambiente no ponto de vista do conforto térmico. A carta psicrométrica é um dos modelos mais utilizados para cartas bioclimáticas, ela combina simultaneamente a temperatura e umidade em um espaço de tempo associando esses valores para definir-se as características físicas do ambiente.

Abaixo segue a carta bioclimática de Campo Grande obtida pelo software Analysis Bio 2.1, desenvolvido pelo LABEEE – Laboratório de Eficiência Energética em edificações da UFSC, utilizando as normais climatológicas dos dados das médias, médias das máximas, média das mínimas, máximas e mínimas absolutas de temperatura do ar e umidade relativa média de Campo Grande.

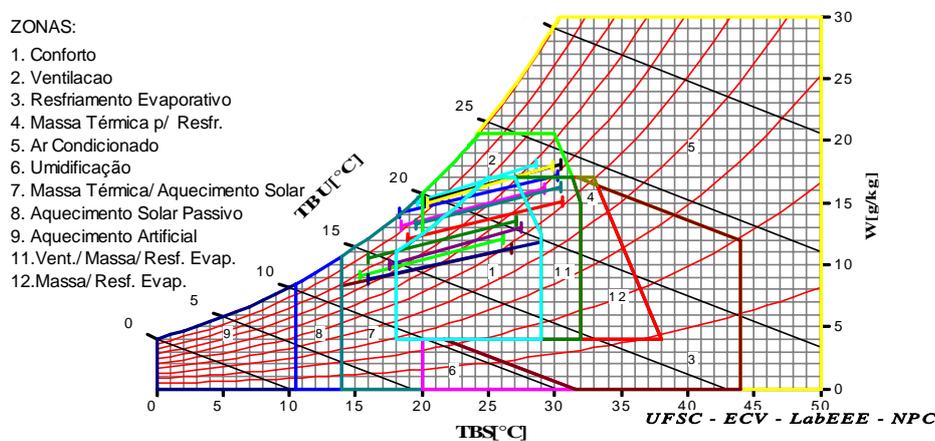


Figura 04 – Carta Bioclimática de Campo Grande  
Fonte: Software Analysis Bio 2.1

O relatório abaixo emitido pelo Software Analysis Bio 2.1 especifica para cada mês as percentagens de ocorrência das estratégias de projeto mais indicadas para utilização no clima de Campo Grande. A condição de conforto térmico é apontada como mais ocorrente na maioria dos meses, sendo superior a 50% entre Abril e Novembro (Outono, Inverno e Primavera). E apontando a Ventilação Natural como principal estratégia para os meses entre Dezembro e Março (Verão), quando as condições de conforto são menores.

<p><b>JANEIRO:</b>  Conforto: 7.12%  Ventilação: 35.90%  Aquecimento Solar Passivo/Massa Térmica: 3.38%</p>	<p><b>JULHO:</b>  Conforto: 68.51%  Aquecimento Solar Passivo/Massa Térmica: 31.50%</p>
<p><b>FEVEREIRO:</b>  Conforto: 25.40%  Ventilação: 34.50%</p>	<p><b>AGOSTO:</b>  Conforto: 84.62%  Aquecimento Solar Passivo/Massa Térmica: 15.39%</p>
<p><b>MARÇO:</b>  Conforto: 33.14%  Ventilação: 3.32%  Aquecimento Solar Passivo/Massa Térmica: 14.29%  Ventilação/Massa/Resfriamento Evaporativo: 21.20%</p>	<p><b>SETEMBRO:</b>  Conforto: 95.00%  Aquecimento Solar Passivo/Massa Térmica: 5.01%</p>
<p><b>ABRIL:</b>  Conforto: 51.36%  Ventilação: 18.78%  Aquecimento Solar Passivo/Massa Térmica: 14.82%  Ventilação/Massa/Resfriamento Evaporativo: 15.05%</p>	<p><b>OUTUBRO:</b>  Conforto: 71.80%  Aquecimento Solar Passivo/Massa Térmica: 7.21%  Ventilação/Massa/Resfriamento Evaporativo: 21.00%</p>
<p><b>MAIO:</b>  Conforto: 81.95%  Aquecimento Solar Passivo/Massa Térmica: 18.05%</p>	<p><b>NOVEMBRO:</b>  Conforto: 55.27%  Ventilação: 15.09%  Aquecimento Solar Passivo/Massa Térmica: 4.59%  Ventilação/Massa/Resfriamento Evaporativo: 25.04%</p>
<p><b>JUNHO:</b>  Conforto: 75.01%  Aquecimento Solar Passivo/Massa Térmica: 25.00%</p>	<p><b>DEZEMBRO:</b>  Conforto: 31.84%  Ventilação: 29.04%  Ventilação/Massa/Resfriamento Evaporativo: 0.66%</p>

Quadro 01 – Relatório de condições de conforto e estratégias de projeto.

Dentro deste contexto climático e considerando a estratégia recomendada para o clima de Campo Grande, é de observar que a arquitetura do Restaurante Universitário promove a estratégia bioclimática da ventilação natural no refeitório, onde são servidas as refeições e onde ocorre a permanência dos ocupantes no RU. A orientação do prédio e o posicionamento de suas aberturas favorecem o bom aproveitamento dos ventos predominantes em sua maior frequência. Também se pode observar que as placas verticais que compõem as laterais do projeto além de proporcionar sombreamento demonstram se preocupar com o direcionamento dos ventos diretamente pelas aberturas.

Com a figura 05 é possível observar o comportamento do edifício do RU perante a frequência, direção e velocidade dos ventos predominantes registrados em Campo Grande, segundo dados disponibilizados pelo U.S.DEPARTMENT OF ENERGY (2005) para análise através do software Energy Plus originários do projeto Solar and Wind Energy Resource Assessment (SWERA) que disponibiliza informações sobre energia solar e eólica para 14 países em desenvolvimento.

Esses dados foram convertidos para um arquivo compatível ao software The Weather Tool que segundo SQUARE ONE (2005) possibilitou obter um único gráfico contendo a frequência, direção e velocidade dos ventos predominantes de Campo Grande/MS.

No gráfico a velocidade é lida através da distância a partir do centro, e a direção é dada pelo diagrama de eixos polares na circunferência. A frequência em horas é lida a partir da cor referente da legenda.

Analisando o gráfico e confirmando através do Perfil Socioeconômico de Campo Grande (2004) observam-se os ventos predominantes com 26% de frequência na direção Leste, e significativamente de 17% nas direções Norte e Nordeste.

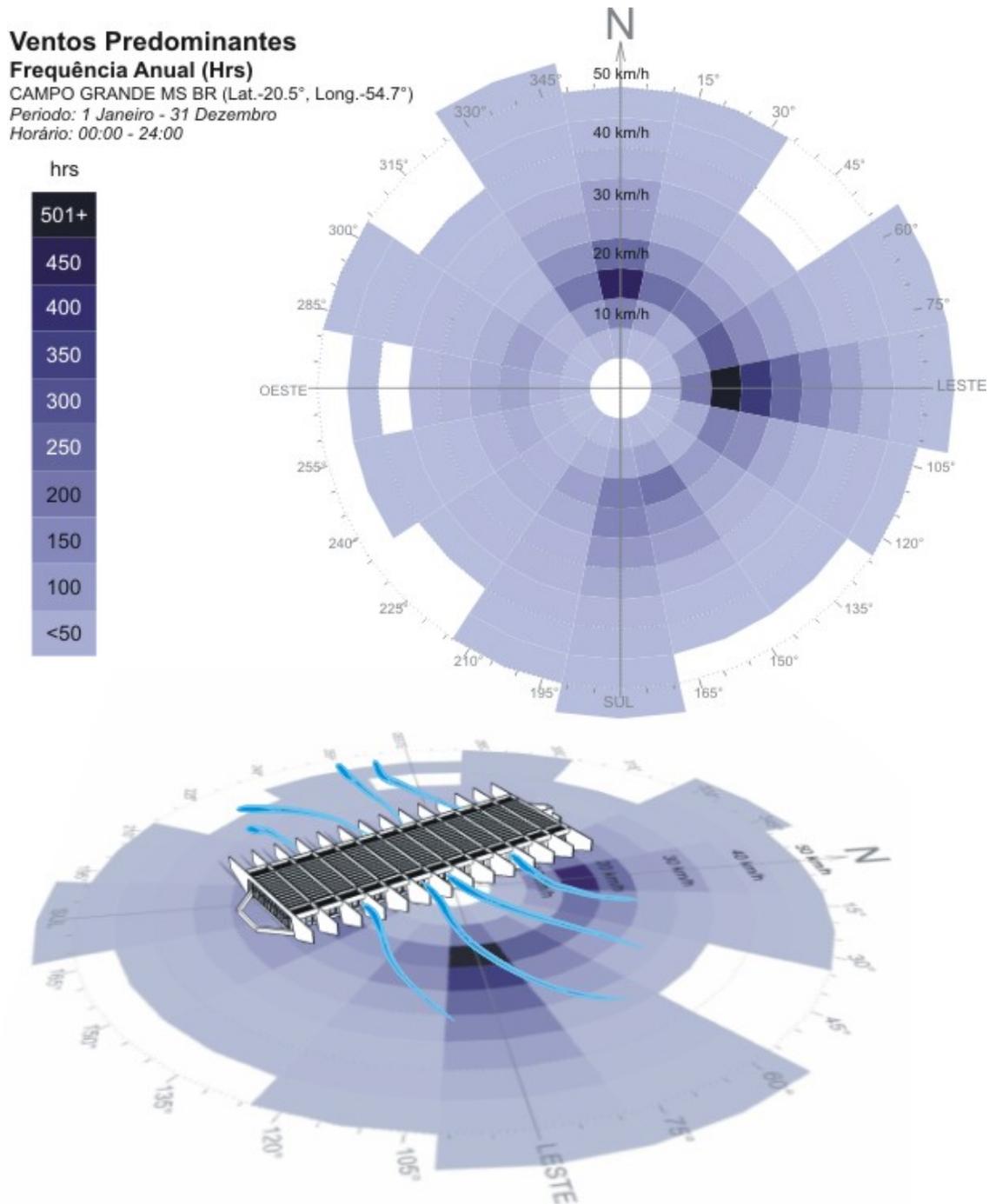


Figura 05 – Ventos Predominantes de Campo Grande em relação ao RU

As janelas do RU também beneficiam a ventilação cruzada dispondo de grandes vãos de abertura para ventilação. As janelas são divididas horizontalmente em duas partes, a parte inferior com 50% de abertura para ventilação com duas folhas pivotantes e a superior com quatro folhas tipo Maximo-ar.

Outra estratégia possível e recomendada por LAMBERTS, et al (1997) para regiões onde a temperatura diurna é maior que 29°C e a umidade relativa é inferior a 60% é a ventilação noturna para o resfriamento da massa térmica do edifício para o período diurno.

Para o levantamento dos dados físicos do ambiente interno do Restaurante Universitário foi utilizada uma estação de monitoramento ambiental BABUC para registrar dados de um conjunto de sensores em um intervalo de quinze segundos. O BABUC foi locado na área central do refeitório entre as mesas e cadeiras dos ocupantes do restaurante com os sensores dispostos de forma que ficassem na altura de um ocupante sentado (aproximadamente 90cm). No ambiente da cozinha o BABUC foi instalado na altura do tórax de um funcionário em pé (aproximadamente 1,20m). Para obter dados de referência do ambiente externo, foi utilizado o sensor HOBO, armazenando dados a cada 15 minutos instalado numa altura de aproximadamente 2,5 m, logo abaixo da pérgula, protegido da radiação solar direta.

Os levantamentos foram feitos durante o funcionamento normal do restaurante, das 10:00 as 13:00 horas, com as medições feitas no refeitório do dias 31 de março a 02 de abril de 2004 e na cozinha entre os dias 14 e 16 de abril de 2004 (verão). Em cada dia de monitoramento foram colhidos 4320 dados internos referentes à Temperatura do ar, Temperatura radiante, Temperaturas de bulbo seco e úmido, umidade relativa e velocidade do ar. E mais 12 dados externos referente a temperatura do ar e umidade relativa. No total foram adquiridos 25.992 dados climáticos do Restaurante Universitário.

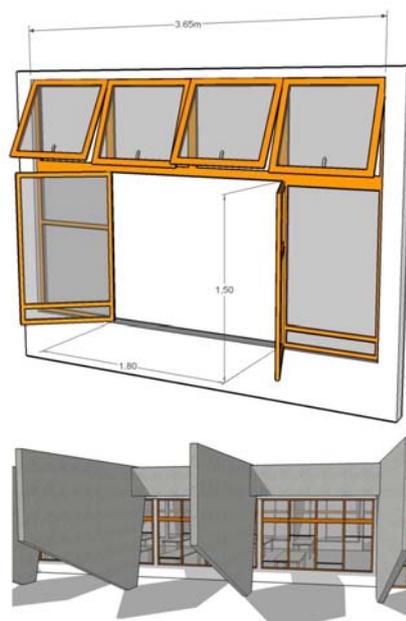


Figura 06 – Detalhe da Janela



Figura 07 – Fotos internas do RU. Salão e Cozinha.

Abaixo são relacionados os sensores utilizados na estação de monitoramento ambiental conforme O LABORATORI DI STRUMENTAZIONE INDUSTRIALE S.P.A. (2004), fabricante dos sensores:

- **Psicrometro de Ventilação Forçada:** Mede as temperaturas de bulbo seco e úmido de onde é calculado a umidade relativa do ar e outros dados relacionados como temperatura de orvalho, entalpia do ar, umidade absoluta e etc.
- **Anemômetro de fio quente:** Sensor que registra a velocidade do ar e a intensidade de turbulência,
- **Termômetro de bulbo úmido naturalmente ventilado:** Este termômetro mede a temperatura de bulbo úmido sob ação da ventilação natural, portanto é diferente do psicômetro de ventilação forçada e é utilizada para cálculo do WBGT, que é um índice relacionado ao stress térmico.
- **Termômetro de Globo:** Composto por um globo metálico negro com o sensor em seu centro é responsável pela aquisição da temperatura radiante, que é essencial para análises térmica, sendo necessário para cálculos como PMV, PPD, WBGT e etc.
- **Termômetro com proteção anti-radiação (BST-107):** Sensor para medição da temperatura do ar. Constituído de um termopar embutido em aço inoxidável inserido num tubo de proteção anti-radiação.

Os dados obtidos com o BABUC e com o HOBO foram exportados para o software Microsoft Excel, calculando-se os valores máximos, médios e mínimos das temperaturas, umidade relativa e velocidade do ar e os desvios padrões desses valores. Também para uma melhor visualização foram confeccionados gráficos das temperaturas, umidades relativas e velocidades do ar.

Os estudos sobre as sensações térmicas e o conforto dos ocupantes no RU foram feitos com os valores de PMV (Voto médio predito) e PPD (Percentagem de pessoas insatisfeitas) obtidos a partir das médias dos dados colhidos no restaurante, tanto no refeitório

quanto na cozinha. Para o cálculo foi utilizado o software Ladesys 1.0 desenvolvido pelo LADE - Laboratório de Análise e Desenvolvimento de Edificações para cálculo de PMV e PPD.

## **RESULTADOS E DISCUÇÃO**

Com os dados resultantes dos três dias consecutivos de medições no refeitório de 31 de março a 02 de abril e nos três dias de medições na cozinha de 14 a 16 de abril, foram feitas as seguintes observações:

### **Refeitório**

No ambiente do Refeitório de acordo com os Gráficos 02 e 03 a temperatura radiante média esteve sempre maior que a temperatura do ar interna em torno de  $0,5^{\circ}\text{C}$ . Decorrente das características do telhado de fibrocimento, com baixa inércia térmica, observa-se que nos dias 31 de março e 02 de abril as temperaturas ascenderam no decorrer do dia das 10:00 as 13:00 horas como é facilmente observado no Gráfico 01.

Nos dias 01 e 02 de abril a diferença entre temperaturas externas e internas do refeitório foi em torno de  $0,5^{\circ}\text{C}$ , e no dia 31 de março a diferença de temperaturas foi de  $1,2^{\circ}\text{C}$ . Observar-se também que a temperatura interna do refeitório se aproxima e acompanha a temperatura externa.

Durante as medições no refeitório no dia 01 de abril começou a chover as 11:38 horas, quando a partir deste momento as temperaturas reduziram-se em torno de  $5^{\circ}\text{C}$  como se pode observar pelo Gráfico 02. A temperatura radiante manteve-se, a partir da chuva, igual ou inferior a temperatura do ar. O que pode ser explicado pela redução da temperatura dos materiais como consequência da chuva. Com a Chuva a temperatura da cobertura diminuiu, diminuindo assim sua emissão de calor por radiação para o Refeitório, tornando a temperatura radiante média menor, conseqüentemente diminuindo também a temperatura do ar através das trocas de calor por convecção.

A temperatura radiante superior a temperatura do ar e a sua redução abaixo da temperatura do ar na decorrência de chuva caracterizam a cobertura como principal fonte de calor no Refeitório por receber radiação solar direta e não possuir nenhum anteparo para essa radiação considerando que os fechamentos laterais estão protegidos da carga térmica solar por um brise.

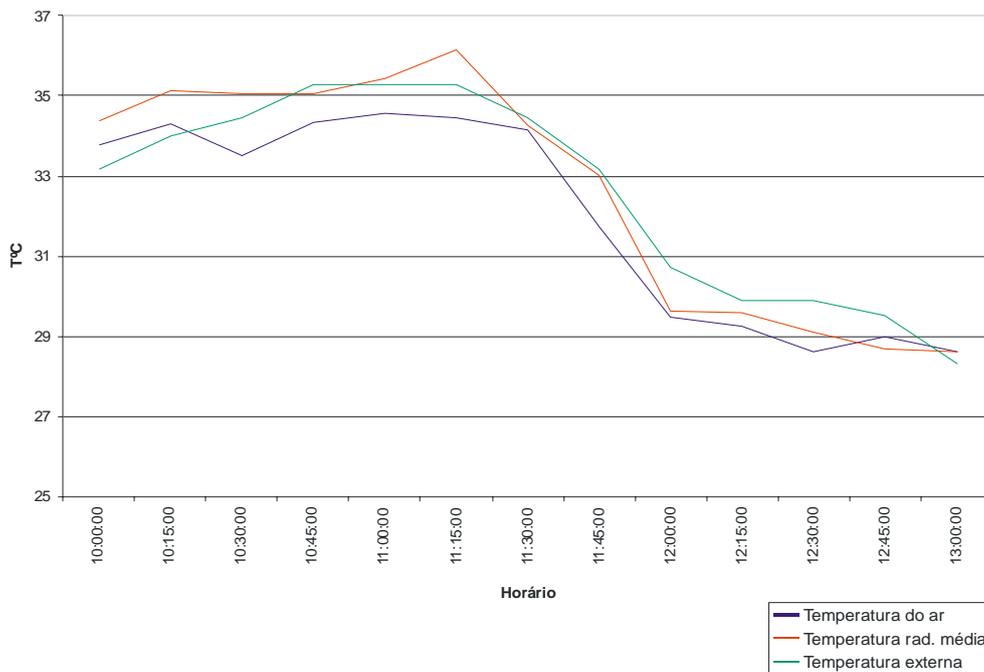


Gráfico 01 – Temperaturas de 01/04/2004

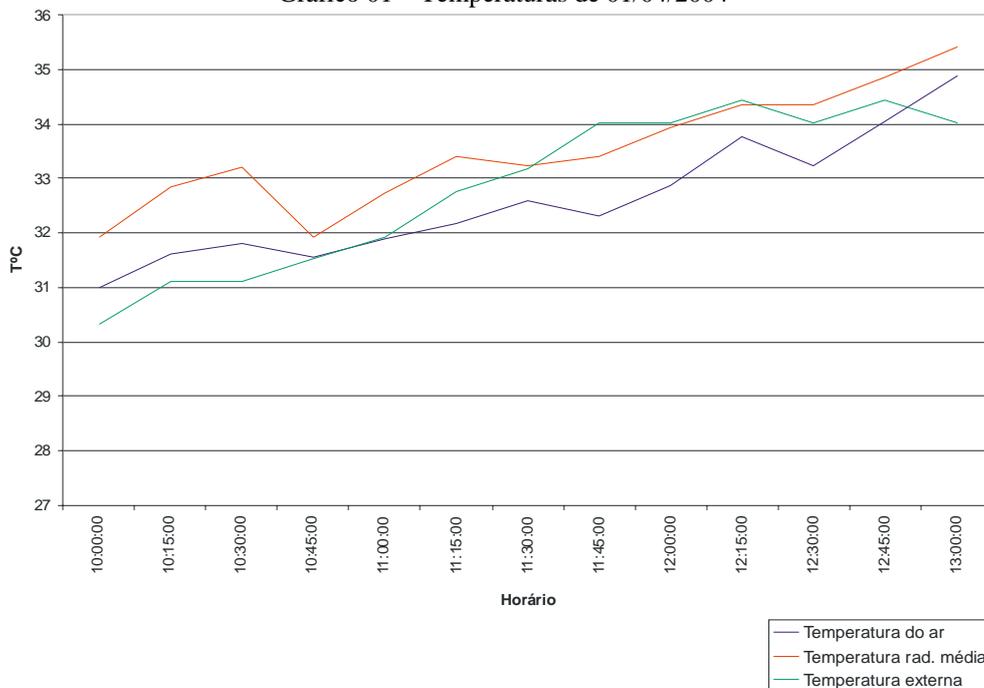


Gráfico 02 – Temperaturas de 02/04/2004

Como mostram os Gráficos 03 e 04 a média das velocidades do ar no refeitório ficou em 0,15 m/s. É de se observar que o ambiente refeitório se caracteriza por grandes aberturas dos dois lados longitudinais possibilitando a ventilação cruzada. A ventilação no refeitório manteve-se com média de 0,15 m/s, porém essa velocidade alternava-se constantemente alcançando máximas de 1,5 e 2,2 m/s gerando o incômodo de guardanapos e copos descartáveis voando, e mínimas de velocidades igual a zero que colaboravam com a sensação de desconforto térmico do refeitório.

No dia 01 de abril as janelas foram abertas meia hora depois do início das medições as 10:30, é possível observar pelo Gráfico 08 o aumento da velocidade do ar a partir desse momento. A média das velocidades de ar com ambiente fechado ficou próxima a 0,05 m/s enquanto que com o ambiente aberto foram de 0,2 m/s em média. Tal método não demonstrou alteração considerável nas temperaturas internas do Refeitório como se pode observar no gráfico 02 o que pode levar a conclusão de que com uma maior velocidade do ar não afetaria na diminuição das temperaturas do ar e radiante média.

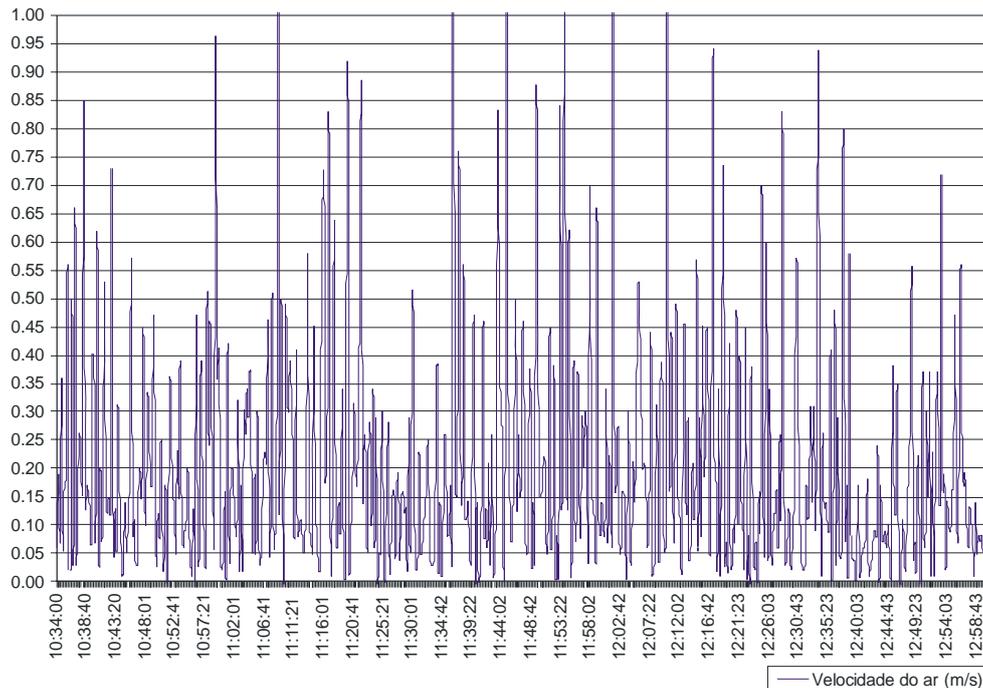


Gráfico 03 – Velocidade do ar interna de 31/03/2004

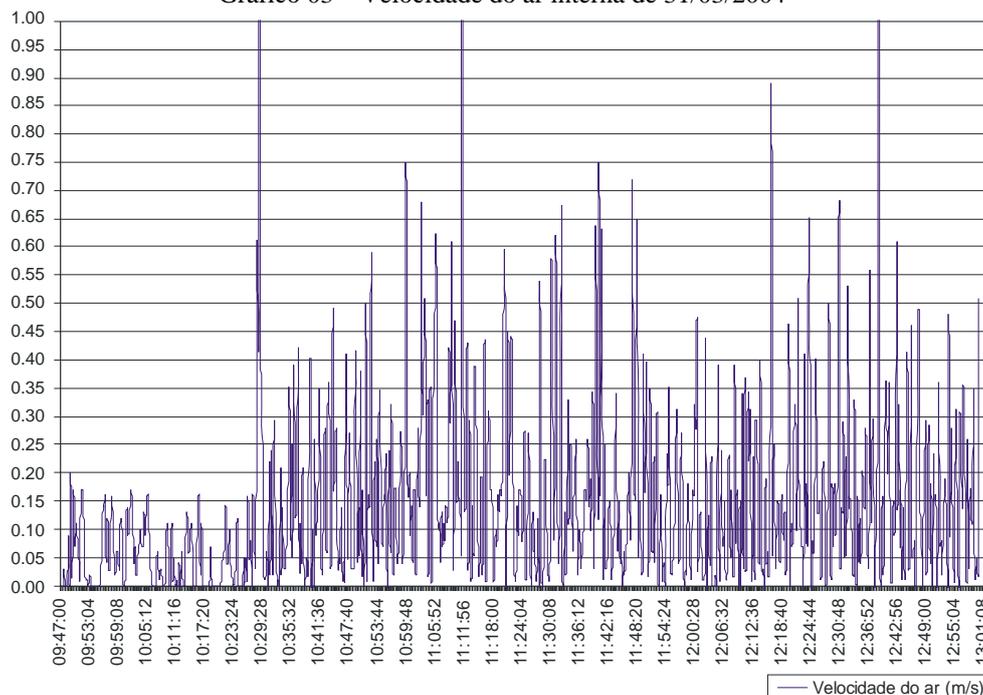


Gráfico 04 – Velocidade do ar interna de 01/04/2004

## Cozinha

Nos três dias de medições na cozinha a temperatura radiante manteve-se menor que a temperatura do ar em torno de  $0,5^{\circ}\text{C}$ , com o exemplo do Gráfico 05. A cozinha é provida de uma forração de EPS (Isopor) servido de barreira para telhado de fibrocimento (o mesmo utilizado no Refeitório) que está sendo considerado a maior fonte de calor no caso do restaurante. Na cozinha as temperaturas tiveram um comportamento constante no decorrer do tempo com desvios padrões das temperaturas em média de  $0,28^{\circ}\text{C}$ .

A cozinha possui uma configuração bem diferenciada do refeitório, o espaço é compartimentado, as aberturas de ventilação e iluminação são menores e os fechamentos dos ambientes são de superfícies de revestimento cerâmico. Com tudo isso a massa construída na cozinha é maior que no Refeitório, o que aumenta a quantidade de materiais irradiadores de calor, ou no caso dos revestimentos cerâmicos “irradiadores de frio”. A temperatura radiante é a relação das trocas de calor por radiação entre corpos, essa temperatura pode ser “mais fria” no caso da radiação emitida pelo revestimento cerâmico ser menor que a radiação emitida pelo corpo humano.

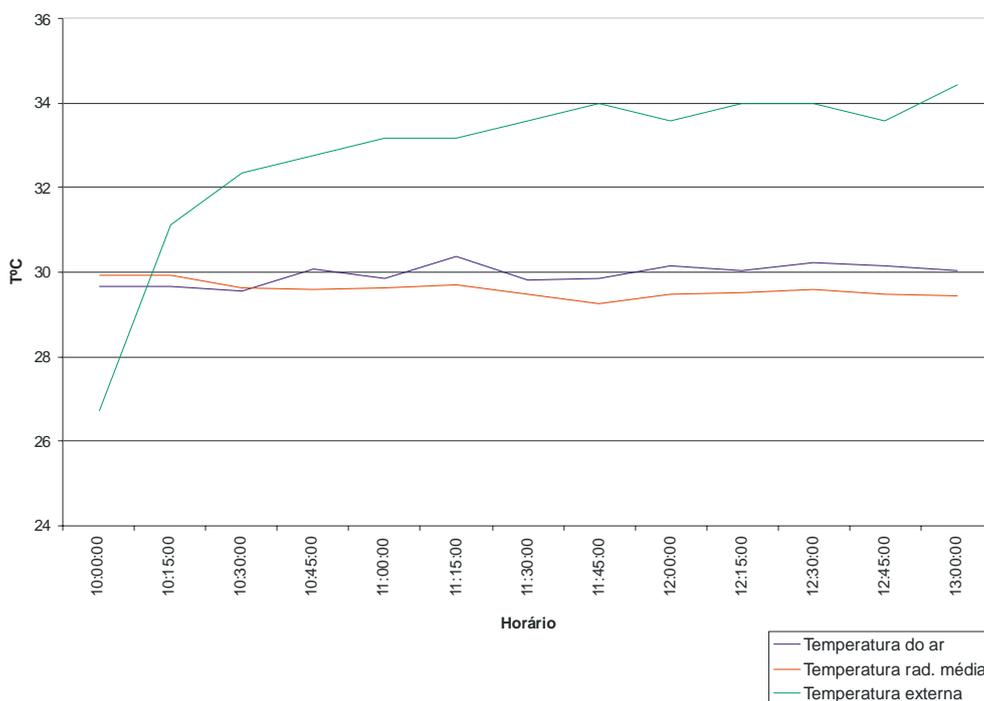


Gráfico 05 – Temperaturas de 14/04/2004

## Refeitório, Cozinha e Ambiente Externo.

Para efeito de comparação entre o desempenho dos ambientes da Cozinha, Refeitório e o ambiente Externo, pelo fato das medições terem sido feitas em dias distintos, adotou-se os dias 02/04 e 14/04. Nesses dias pode-se observar a proximidade da curva das temperaturas

externas, adotadas como padrão pelo fado do sensor HOBO estar posicionado no mesmo local nestas duas datas. O gráfico 06 a seguir demonstra as temperaturas do ar e temperaturas radiantes média do Refeitório e da Cozinha nos dias 02/04 e 14/04, respectivamente comparados com as curvas das temperaturas externas destes dois dias.

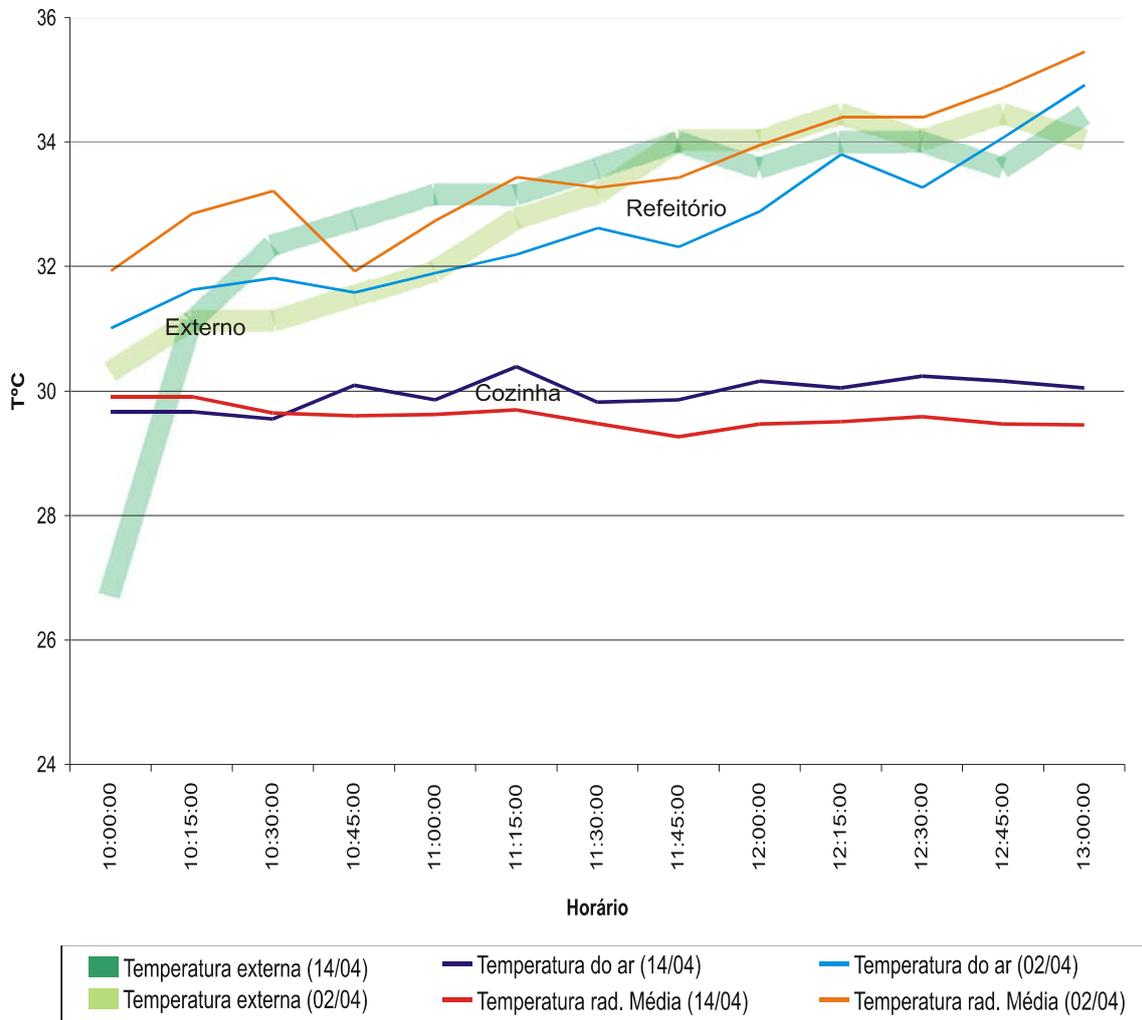


Gráfico 06 – Paralelo entre as temperaturas da Cozinha, Refeitório e ambiente Externo.

No Refeitório as temperaturas do ar estiveram menores que a temperatura radiante em torno de 0,5°C, enquanto que na cozinha a temperatura radiante manteve-se menor que a temperatura do ar em torno de 0,5°C. Também é observada a diferença de temperaturas entre o Refeitório e a Cozinha que foi em média de 5°C, além do aumento progressivo acompanhando a temperatura externa no Refeitório contra a constância das temperaturas observadas na Cozinha.

Esta diferença está relacionada à ausência de forro entre o telhado de fibrocimento e o ambiente no refeitório, além da compartimentação construída na cozinha com os fechamentos dos ambientes e as superfícies de revestimento cerâmico caracterizando uma maior massa térmica.

Com os dados de Velocidades de Ar das mesmas datas 02/04 e 14/04 fazem-se um paralelo entre essas velocidades através do gráfico abaixo.

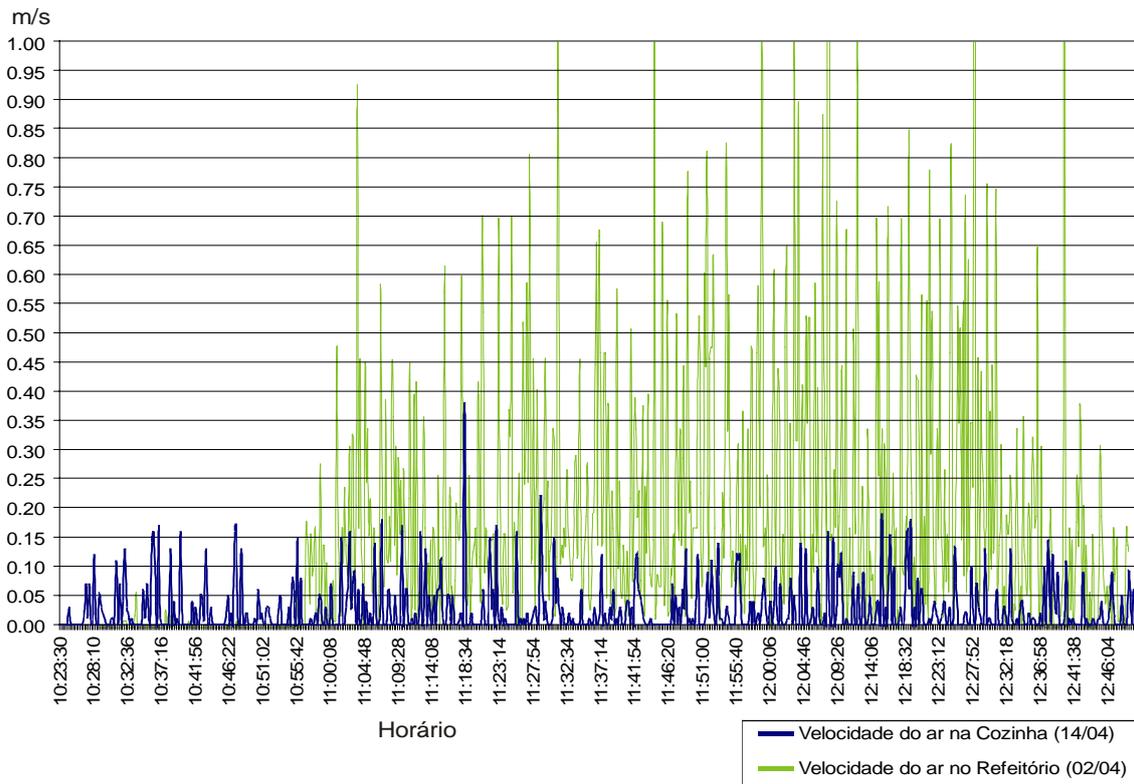


Gráfico 07 – Paralelo entre Velocidades de ar do Refeitório e Cozinha.

A média das velocidades de ventilação no Refeitório ficou em 0,15 m/s enquanto que na cozinha a média da ventilação ficou próxima de zero. É de se observar que o ambiente refeitório se caracteriza por grandes aberturas dos dois lados longitudinais possibilitando a ventilação cruzada, o que não acontece na cozinha que possui aberturas menores e espaços bem compartimentados impedindo dessa maneira uma ventilação efetiva que auxilie no conforto.

### **Sensações Térmicas no RU.**

Para efeito de análise das sensações térmicas nos ambientes do Restaurante Universitário foram calculados os índices de voto médio predito (PMV) e percentagem de pessoas insatisfeitas (PPD) com os valores médios das temperaturas do ar, temperatura radiante média, umidade relativa e velocidade do ar colhidas no Refeitório e na Cozinha.

Como parâmetros dos usuários do refeitório foram considerados o nível de atividade metabólica de acordo com a ISO 7730 (1994) em 1,2 met (atividade sedentária) e resistência das vestimentas em 0,5Clo (vestindo calças leves, cueca, camisa de manga curta e sapatos). Para a cozinha foram utilizados como parâmetros dos usuários o nível de atividade metabólica em 1,6 met (Em pé, atividades leves) e resistência das vestimentas em 0,9 Clo (Cueca,

camisa, calça, avental, meia e sapatos.). Esses parâmetros foram definidos observando a vestimenta padrão das cozinheiras e a vestimenta ocorrente nos ocupantes do refeitório.

<b>Datas</b>	<b>Temperatura do ar</b>	<b>Temperatura Radiante Média</b>	<b>Umidade Relativa</b>	<b>Velocidade do Ar</b>	<b>PMV</b>	<b>PPD</b>
<b>Refeitório</b>						
31/03/2004	34,5	35,1	62,3	0,2	-	100%
01/04/2004	32,1	32,6	58,8	0,1	2,45	92%
02/04/2004	32,4	33,1	51,7	0,2	2,51	94%
<b>Cozinha</b>						
14/04/2004	30,0	29,6	60,1	0,0	1,99	76%
15/04/2004	30,0	29,6	60,5	0,0	1,99	76%
16/04/2004	29,9	29,3	62,5	0,1	1,97	76%

Tabela 01 – Médias dos índices do RU com PMV e PPD com padrão de usuários referente a cada ambiente.

Observa-se no cálculo de PMV que no primeiro dia, 31 de março, o ocupante encontra-se fora da faixa de PMV e nos outros dois dias calcula-se um PMV de 2,45 e 2,51 caracterizando a sensação térmica de Muito Calor e resultando em um PPD de 92% e 94% de pessoas insatisfeitas, respectivamente.

Observa-se na cozinha um PMV de 1,66, 1,99 e 1,97 nos dias 14, 15 e 16 de abril, caracterizando a sensação térmica desses dias como Calor e resultando em PPDs de 76% respectivamente.

Contra-pondo-se a esses dados foram feitos novos cálculos com recomendações de ventilação conforme LAMBERTS, et al (1997) que considera para climas quente e úmidos a ventilação cruzada como a estratégia mais simples a ser adotada, porém considerando que a velocidade do ar pode ser aplicada em torno de 2m/s até o limite de 32°C. Neste caso as quedas dos níveis de PPDs foram de 10% no Refeitório e 6% na Cozinha. Porém para efeito de comparação das sensações térmicas nesses ambientes utilizados de maneiras diferentes foram calculados na tabela 01 os PMVs e PPDs dos ambientes Refeitório e Cozinha dentro das recomendações de ventilação para climas quente e úmidos, porém utilizando nos dois ambientes os mesmos parâmetros de vestimenta e atividade metabólica dos usuários no refeitório. Com esses resultados podemos observar os índices de sensações térmicas diminuir tanto no Refeitório quanto na Cozinha. Contudo com uma redução mais considerável no ambiente da Cozinha onde a porcentagem de pessoas insatisfeitas reduziu-se pela metade.

<b>Datas</b>	<b>Temperatur a do ar</b>	<b>Temperatur a Radiante Média</b>	<b>Umidade Relativa</b>	<b>Velocidade do Ar</b>	<b>PMV</b>	<b>PPD</b>
<b>Refeitório</b>						
31/03/2004	34,5	35,1	62,3	2,0	-	-
01/04/2004	32,1	32,6	58,8	2,0	2,15	83%
02/04/2004	32,4	33,1	51,7	2,0	2,24	86%
<b>Cozinha</b>						
14/04/2004	30,0	29,6	60,1	2,0	1,83	69%
15/04/2004	30,0	29,6	60,5	2,0	1,83	69%
16/04/2004	29,9	29,3	62,5	2,0	1,82	68%

Tabela 02 – Médias dos índices do RU com ventilação ideal e resultados de PMV e PPD com padrão de usuários referente a cada ambiente.

<b>Datas</b>	<b>Temperatur a do ar</b>	<b>Temperatur a Radiante Média</b>	<b>Umidade Relativa</b>	<b>Velocidade do Ar</b>	<b>PMV</b>	<b>PPD</b>
<b>Refeitório</b>						
31/03/2004	34,5	35,1	62,3	2,0	-	-
01/04/2004	32,1	32,6	58,8	2,0	2,15	83%
02/04/2004	32,4	33,1	51,7	2,0	2,24	86%
<b>Cozinha</b>						
14/04/2004	30,0	29,6	60,1	2,0	1,08	29%
15/04/2004	30,0	29,6	60,5	2,0	1,08	30%
16/04/2004	29,9	29,3	62,5	2,0	1,04	28%

Tabela 03– Médias dos índices do RU com ventilação ideal e resultados de PMV e PPD com mesmo padrão de usuários

No restaurante o aumento da velocidade do ar não cometeu muito efeito na sensação térmica, reduzindo em torno de 0,15 pontos no PMV e 10% no PPD. Essa baixa redução, diferente da redução ocorrida na cozinha, pode ser explicada pela alta Temperatura Radiante Média encontrada no Refeitório. A ventilação não foi suficiente para alcançar índices de conforto aceitáveis, porém, além das propriedades da ventilação sobre o corpo humano a fim de trazer o resfriamento, uma ventilação mais eficiente poderia reduzir a temperatura radiante média no ambiente.

## **CONCLUSÃO**

Conhecendo os benefícios e possibilidades dos processos de ventilação natural, um ramo de pesquisa essencial como estratégia para conforto térmico nas edificações, podemos concluir sob os aspectos abordados na revisão bibliográfica que é possível um ambiente naturalmente ventilado ser totalmente eficiente para o conforto, contribuindo para a eficiência energética, desde que se compreendam as condicionais para o conforto e as leis de movimentação de ar, seus efeitos e suas possibilidades.

Os dados colhidos no Restaurante Universitário possibilitaram fazer uma análise satisfatória do comportamento térmico do ambiente, considerando como referência à

temperatura e umidade medidas externamente logo após a estrutura de fechamento do restaurante.

A análise dos ambientes do Restaurante Universitário demonstra um alto nível de desconforto térmico tanto no refeitório como na cozinha. Os altos índices de temperatura do ar e temperatura radiante média foram os que mais contribuíram para caracterizar tal desconforto, principalmente no ambiente do refeitório. Tais temperaturas extremas no refeitório são registradas devido à exposição do ambiente diretamente à cobertura de fibrocimento, que com sua alta emissividade radiante recebe a carga térmica solar e a descarrega no ambiente do refeitório que não dispõe de nenhum escudo para bloquear a irradiação. Evidência disso são as temperaturas do ar e temperatura radiante média do ambiente da cozinha ser muito menor que no ambiente do Refeitório, pois a cozinha possui forração de EPS entre seu ambiente e o telhado de fibrocimento. Com os índices de PMV e PPD calculados para os ambientes do Refeitório e da Cozinha foi comprovado que a ventilação não serve de subsídio para garantir um ambiente mais agradável, pois o vento é praticamente transparente para a radiação emitida pelo telhado (temperatura radiante média) e mesmo com o aumento da ventilação trazendo maior renovação do ar a temperatura radiante ainda carregaria o ambiente de maneira desconfortável.

As discussões mostraram como ambiente refeitório e cozinha se comportam de maneiras diferentes entre si e em relação ao ambiente externo, e que a cozinha possui temperaturas mais amenas que as observadas no refeitório. Além das observações quanto à temperatura radiante, que se manteve superior a temperatura do ar no refeitório e inferior que a temperatura do ar na cozinha. Isso induz a uma análise desse fenômeno no sentido de minimizar as temperaturas no refeitório para configurá-lo como um ambiente mais agradável.

Portanto sendo necessária principalmente a redução da temperatura radiante média para que se possa alcançar níveis de conforto térmico mais agradáveis principalmente no ambiente do Refeitório. Um sistema de forração sob o telhado bloqueando a temperatura radiante média reduziria a temperatura do ar, pois as trocas de calor por convecção diminuiriam. Com a redução da temperatura radiante média e da temperatura do ar será possível permitir que a ventilação possa ser eficiente na manutenção do conforto do ambiente.

## BIBLIOGRAFIA

- ARRUDA, Â.M.V; MARAGNO G.V.; COSTA M.S.S.** – Arquitetura em Campo Grande – Campo Grande (MS), UNIDERP, 1999
- ANDREASI, W.A** - Avaliação do impacto de estratégias bioclimáticas na temperatura interna de edificações no Passo do Lontra, Pantanal de Mato Grosso do Sul. Dissertação de Mestrado. UFSC. Florianópolis. 1999.
- BOWER, J.** – Understanding Ventilation: How to design, select, and install residential ventilation systems, The Healthy House Institute, 1995.
- DEAR, R.J de; BRAGER,G. S.** – Thermal comfort in naturally ventilated buildings: revisions to ASHRAE Standard 55, Energy and Buildings 34 (2002) 549-561.
- FANGER, P.O.; MELIKOV, A.K.; HANZAWA, H.; RING, J.** - Air Turbulence and Sensation of Draught. Energy and Building, 12 (1988) 21-39.
- FROTA, A. B.; SCHIFFER, S. R.** – Manual de Conforto Térmico, 6.ed., Studio Nobel, 1999.
- GIVONI, B.** - Climate considerations in building and urban design, Wiley and Sons, 1998.
- GRATIA, E.; BRUYÈRE, I.; DE HERDE, A.** – How to use natural ventilation to cool narrow office buildings. Building and Environment 39 (2004) 1157 – 1170.
- ISO 7730** – Moderate thermal environments – Determination of the PMV and PPD índices and specification of the conditions for thermal confort. International Standard – Reference number ISO 7730-1994(E)
- JONES, J.; WEST, A.W.** - Natural Ventilation and Collaborative Design, ASHRAE Journal, November 2001.
- LABORATORI DI STRUMENTAZIONE INDUSTRIALE S.P.A** - Stazioni per il monitoraggio ambientale (MW8505) - Milão, Itália - 2004.
- LAMBERTS, R; DUTRA, L & PEREIRA, F.** – Eficiência Energética na Arquitetura – PW Gráficos e Editores Associados Ltda, 1997
- PERFIL SOCIOECONÔMICO DE CAMPO GRANDE** – Instituto Municipal de Planejamento Urbano e de Meio Ambiente – PLANURB. Campo Grande (MS) – 2004.
- SQUARE ONE** - Software Weather Tool: disponível em: <http://www.squ1.com.br>. Acesso em 14 de Maio de 2005.
- TOLEDO, E.** –Ventilação natural das habitações, Eudfal, 1999.
- U.S.DEPARTMENT OF ENERGY** -EnergyPlus Software Simulation: Weather Data [http://www.eere.energy.gov/buildings/energyplus/cfm/weather\\_data3.cfm/region=3\\_south\\_america\\_wmo\\_region\\_3/country=bra/cname=brazil](http://www.eere.energy.gov/buildings/energyplus/cfm/weather_data3.cfm/region=3_south_america_wmo_region_3/country=bra/cname=brazil). Acesso em 05 de Junho de 2005.