

AVALIAÇÃO DO CONFORTO TÉRMICO Um estudo de caso: UNESP - Guaratinguetá

Lidiane Alves de Oliveira

UNESP - Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá
Av. Dr. Ariberto Pereira da Cunha, 333 – Guaratinguetá / SP
Cep: 12516-410 – Telefone: (12) 525-2800 Ramal: 1904 ou 1901
lidiane@uol.com.br

Luiz Roberto Carrocci

UNESP - Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá
Av. Dr. Ariberto Pereira da Cunha, 333 – Guaratinguetá / SP
Cep: 12516-410 – Telefone: (12) 525-2800 Ramal: 1904 ou 1901
carrocci@feg.unesp.br

Enos Arneiro Nogueira da Silva

UNESP - Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá
Av. Dr. Ariberto Pereira da Cunha, 333 – Guaratinguetá / SP
Cep: 12516-410 – Telefone: (12) 525-2800 Ramal: 1701
enos@feg.unesp.br

Resumo. *O edifício que aloja o Departamento de Engenharia Civil da UNESP, campus de Guaratinguetá, apresenta diferenças nas condições térmicas de seus ambientes. Duas salas que possuem o mesmo tipo de janelas, porém voltadas para faces opostas (sudoeste e nordeste) foram selecionadas como representativas do edifício para que um monitoramento térmico, visando coletar temperaturas internas e externas, durante as estações do ano, fosse realizado. Através de um radiômetro, localizado dentro do campus, em área aberta, obtiveram-se dados de radiação que, associado ao diagrama solar da cidade, permitiram um estudo da insolação do prédio. Em cada ambiente estudado foi determinada, ainda, a carga térmica que, associada às demais informações coletadas, levou a uma análise rigorosa da variação das condições térmicas no edifício, possibilitando indicar soluções para um melhor conforto térmico, bem como um consumo racional de energia no condicionamento de ambientes..*

Palavras chave: *conforto térmico, carga térmica, radiação solar, construção e meio ambiente.*

1. Introdução

A cidade de Guaratinguetá, localizada no Vale do Paraíba, Estado de São Paulo, encontra-se entre a Serra do Mar e a Serra da Mantiqueira, a uma altitude de 544 metros em relação ao nível do mar, o que provoca uma ventilação canalizada no sentido predominante Sul-Norte.

Com clima tropical úmido e estações climáticas bem definidas, ocorrem no município, na maior parte do ano, temperaturas amenas que contribuem e asseguram uma qualidade de vida adequada ao desenvolvimento das atividades urbanas. Analisando dados históricos de levantamento de temperatura em Guaratinguetá, nas últimas três décadas, encontrou-se que a cidade apresenta uma temperatura média de 25°C com variação entre mínimas de 0°C e 15°C no inverno e máximas de 30°C e 37°C no verão.

O campus da UNESP - Guaratinguetá está localizado na parte alta da cidade próxima ao centro urbano e ao rio Paraíba do Sul. Encontra-se bastante arborizado e parte do solo está impermeabilizado devido as construções, a pavimentação asfáltica e algumas quadras poliesportivas. Possui uma área total de 176.000 metros quadrados, sendo que a área construída é de 25.000 metros quadrados. O solo impermeabilizado representa aproximadamente 20 % da área total do campus. Os prédios existentes no campus possuem arquitetura moderna, tendo grandes superfícies de vidro compondo com grandes áreas de concreto, cobertura de telhas metálicas ou telhas onduladas de fibro-cimento, e gabarito máximo de três pavimentos. As cores predominantes nas fachadas são o branco e o azul claro. Poucas construções possuem marquise, avanço de laje e beiral como elementos de controle da entrada de sol.

Os edifícios do campus, estão em sua maioria posicionados no sentido Norte-Sul sendo que as aberturas (portas e janelas) estão voltadas prioritariamente para as faces nordeste e sudoeste, expostos a grande incidência de raios solares.

Tendo em vista estes aspectos, decidiu-se comparar duas salas situadas dentro de um único prédio, o Departamento de Engenharia Civil do campus, que tem apresentado diferenças nas condições térmicas por estarem voltadas para faces opostas (nordeste e sudoeste). Assim, realizou-se um monitoramento das condições térmicas das salas com a disposição de aparelhos eletrônicos de medida de temperatura durante as estações do ano.

2. Ambiente de Estudo

O prédio da Engenharia Civil (Fig. (1)), construído no ano de 1971, foi projetado para ser utilizado como laboratório de eletrotécnica, o que acabou determinando fortemente o sistema construtivo adotado.

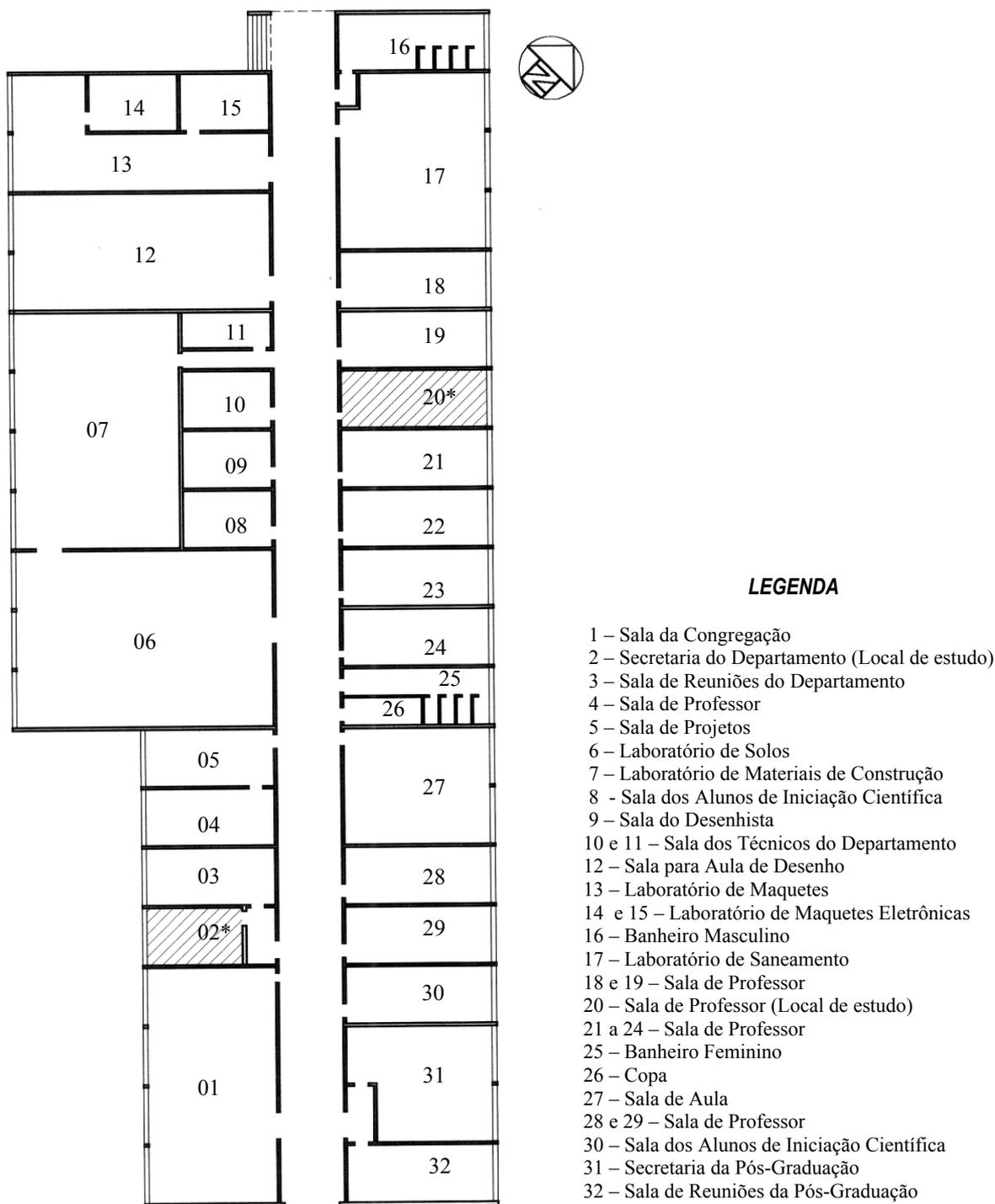


Figura 1. Planta do Departamento de Engenharia Civil da UNESP - Guaratinguetá

O laboratório projetado, inicialmente abrigaria salas de aula, dois banheiros e pequenas salas com finalidades específicas, todos ambientes possuindo pequenas dimensões. A maior parte do edifício seria destinada a abrigar máquinas elétricas e eletrônicas. A parte destinada aos vestiários, almoxarifados, banheiros e secretarias, foi construída em alvenarias e utilizou-se lajes protendidas, janelas basculantes e telhas de fibro-cimento. A maioria dos ambientes têm pé-direito igual a 3,00 metros com exceção dos laboratórios que têm pé-direito variável, devido ao telhado ser do tipo “Shed”, onde a cumeeira está a 6,00 metros de altura, e a parte inferior desta cobertura encontra-se a 4,50 metros em relação ao solo, como demonstra a Fig. (3).

Nos laboratórios foram adaptados forro de lã de vidro a uma altura de 3,00 metros, causando o aparecimento de um colchão de ar de aproximadamente 1,40 metros de altura. As janelas, padronizadas, com 3,00 metros de comprimento e 1,40 metros de altura, são voltadas para as faces sudoeste e nordeste.



Figura 2. Fachada Sudoeste do Edifício, onde verifica-se a existência de vegetação e condicionadores de ar.

Devido ao crescimento do campus da UNESP-Guaratinguetá, houve mudanças no partido arquitetônico adotado originalmente e o prédio foi adaptado para abrigar o Departamento de Engenharia Civil. Atualmente as pequenas salas, aquelas que possuíam laje protendida e piso de madeira, foram transformadas em salas de professores e/ou salas de aula. Poucas mudanças espaciais ocorreram, alteraram-se algumas portas e houve subdivisões do espaço físico utilizando-se divisórias. O piso original de algumas áreas foi substituído por um contrapiso rústico.

As paredes de todo o prédio receberam tinta látex em cores claras, tanto externa como internamente. A porcentagem de paredes externas existentes nas diversas salas limita-se a aproximadamente 25% da área total das paredes.



Figura 3. Fachada Nordeste do edifício, onde nota-se a diferença entre o pé-direito da secretaria e dos laboratórios.

A medição das temperaturas ocorreu em duas salas voltadas para faces distintas, a primeira para a face nordeste (Fig. (2)) onde funciona a secretaria e a outra para a face sudoeste ocupada por um professor do departamento. A escolha destas duas salas deu-se de maneira aleatória tendo como pré-requisito a locação das janelas que deveriam estar voltadas para faces com insolação oposta conforme recomenda Oberding (1999).

Destaca-se que em ambas as salas, 40% da área da parede que faz divisa com o exterior é ocupada por uma janela de vidro, o que beneficia a entrada direta dos raios solares. A sala do professor tem área de 22,5 metros quadrados e a secretaria tem 18 metros quadrados. As duas salas possuem piso de madeira e são cobertas por laje.

A secretaria do departamento é freqüentada diariamente por um grande número de usuários entre docentes, funcionários e alunos; que permanecem pouco tempo no local. Na maior parte do dia, apenas um funcionário ocupa a sala durante oito horas diárias. A secretaria possui equipamentos elétricos como um condicionador de ar, um ventilador, um computador com impressora e um fax. A sala do professor, pouco diverge da secretaria, se comparados ao sistema construtivo adotado e a quantidade de equipamentos elétricos e eletrônicos. Nesta, existe um microcomputador com impressora e um ventilador de teto. Somente o docente ocupa a sala na maior parte do tempo.

3. Metodologia

Dados de temperatura têm sido coletados a algum tempo dentro do campus da UNESP – Guaratinguetá como forma de se estudar as variações térmicas de edifícios já construídos. Eles são obtidos a partir de um aparelho eletrônico de coleta de dados “StowAway XTP”, fabricado pela Onset Computer Corporation, que fornece a temperatura em intervalos de tempo pré-estabelecidos. Foram utilizados dois aparelhos, sendo que o primeiro foi colocado dentro da secretaria e o segundo na sala do professor. Definiu-se que os aparelhos eletrônicos registrassem dados de temperatura em um intervalo de tempo de trinta minutos, durante todo o período de estudo. Um terceiro aparelho foi colocado em área aberta para registrar a temperatura externa.

Vittorino & Akutsu (2000) recomenda que no posicionamento dos aparelhos dentro dos ambientes deve-se localizá-los longe de interferências que possam prejudicar a coleta de dados. Assim, preocupou-se em não colocá-los sob a ação direta dos raios solares e do vento, proveniente de janelas e portas. Destaca-se também que durante todo o período o aparelho de ar condicionado da secretaria e o ventilador de teto da sala do professor permaneceram desligados, não interferindo no estudo. A radiação solar direta foi obtida através de um radiômetro “CM 11-Secondary Standart”, locado dentro do campus, em área aberta, próxima ao prédio em estudo. O equipamento fornece dados de radiação global em um plano horizontal.

A partir da coleta de dados realizou-se uma análise comparativa. Elaborou-se alguns gráficos característicos que representam a situação mais crítica, em termos de Conforto Térmico, nas estações climáticas estudadas. Foram analisadas as estações inverno, primavera e verão. Não foi realizada uma análise referente ao outono já que este trabalho é apenas parte de um estudo mais detalhado que vem sendo desenvolvido.

Calculou-se também a carga térmica dos dois ambientes procedendo-se ainda uma estimativa do consumo de energia elétrica caso fossem instalados condicionadores de ar nestas salas. Ao final da pesquisa obteve-se uma descrição térmica das duas salas estudadas em função do clima externo e, a partir desta análise, pode-se avaliar os demais ambientes do prédio quanto ao Conforto Térmico. Como este trabalho é parte integrante de um projeto de pesquisa mais abrangente, não foi incluído neste artigo o estudo sobre a umidade relativa, o qual encontra-se fase de processamento e análise.

4. Análise dos Resultados

4.1 – Insolação no Período

A partir do diagrama solar da cidade de Guaratinguetá obtido de Oliveira et all (2001), determinou-se o horário de insolação nas três estações em estudo, representado na Tabela (1).

Tabela 1. Resultados obtidos através do diagrama solar - Horário de início e término da insolação nas fachadas

Estação do Ano	INSOLAÇÃO			
	Fachada Nordeste da Secretaria		Fachada Sudoeste da Sala do Professor	
	Início	Término	Início	Término
VERÃO	05:42 h	12:00 h	12:00 h	18:18 h
PRIMAVERA	06:00 h	13:30 h	13:30 h	18:00 h
INVERNO	06:18 h	14:45 h	15:00 h	17:42 h

Pôde-se perceber que a fachada Nordeste recebe insolação na parte da manhã prolongando-se até o início da tarde. Já a face voltada para o sudoeste sofre a ação do sol sempre no período da tarde durante as três estações.

4.2 – Gráficos das Estações Primavera, Verão e Inverno

A partir dos dados obtidos de temperatura construiu-se vários gráficos referentes às estações em estudo.

Nunes (1991) demonstra que variações de temperatura acentuadas durante o dia prejudicam o conforto térmico dos ambientes. Desta forma, selecionou-se os gráficos que apresentavam as maiores diferenças entre as temperaturas, em cada uma das estações, para se realizar uma análise da situação térmica mais crítica.

Em cada estação, construiu-se gráficos representando as variações térmicas durante vários dias, conforme a coleta de dados. Devido a quantidade dos gráficos limitou-se o trabalho um período de três dias representativos de cada estação climática, visando cumprir as normas desta publicação.

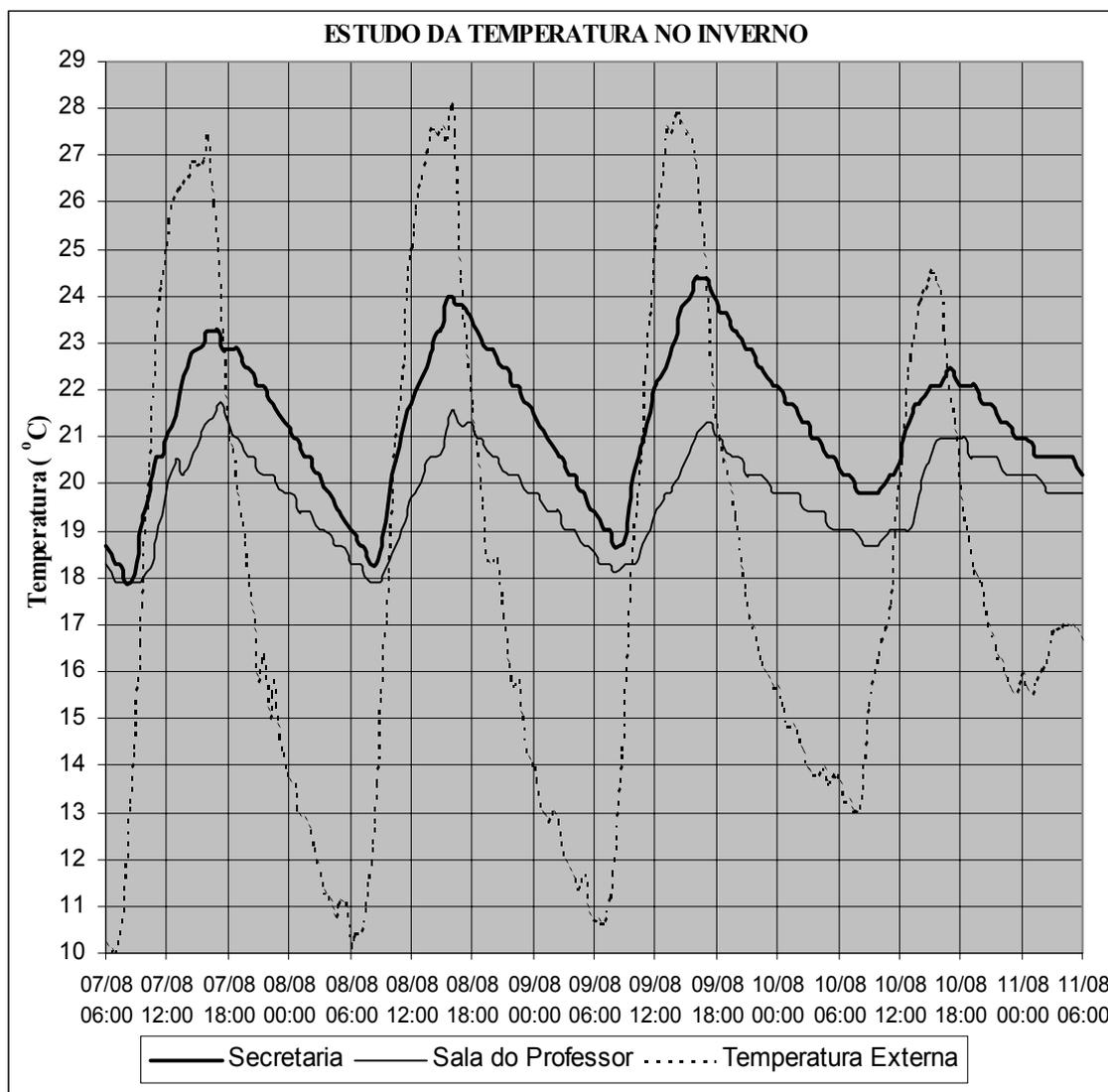


Figura 4. Gráfico de Temperaturas Externas e Internas referente ao inverno.

No gráfico referente ao inverno observou-se que a temperatura externa variou, em um só dia, entre 10°C e 28°C (no dia 08/08 entre às 06:00 e as 16:00 h). Acompanhando este efeito, as temperaturas internas na secretaria estiveram entre 18,5°C e 24°C e na sala do professor entre 18°C e 21,5°C. A secretaria apresentou temperatura mais elevada em relação a sala do professor, considerando todo o período, evidenciando uma diferença de até 3,5 °C.

No gráfico da estação primavera pôde-se observar que a temperatura externa variou, em só dia, entre 18 °C a 33,5°C (no dia 05/12, das 06:00 às 18:00h).

As temperaturas internas permaneceram bastante altas entre 25 °C no início do dia e 31°C no final da tarde. Verificou-se diferenças térmicas de até 3,4 °C entre as duas salas estudadas, sendo que a secretaria apresentou temperaturas mais elevadas durante todo o período. Enquanto na sala do professor a temperatura interna não ultrapassou 29 °C, na secretaria atingiu o pico de 31,5 °C.

Durante o verão, a máxima variação da temperatura externa foi de 15 °C ocorrida no dia 26/01 das 06:00 às 16:00h. Nas áreas externas, a temperatura permaneceu bastante elevada, tendo como máxima 35,3 °C e mínima de 20,5 °C. Na secretaria observou-se que a temperatura interna esteve mais elevada se comparada a sala do professor com uma diferença de até 3,5 °C.

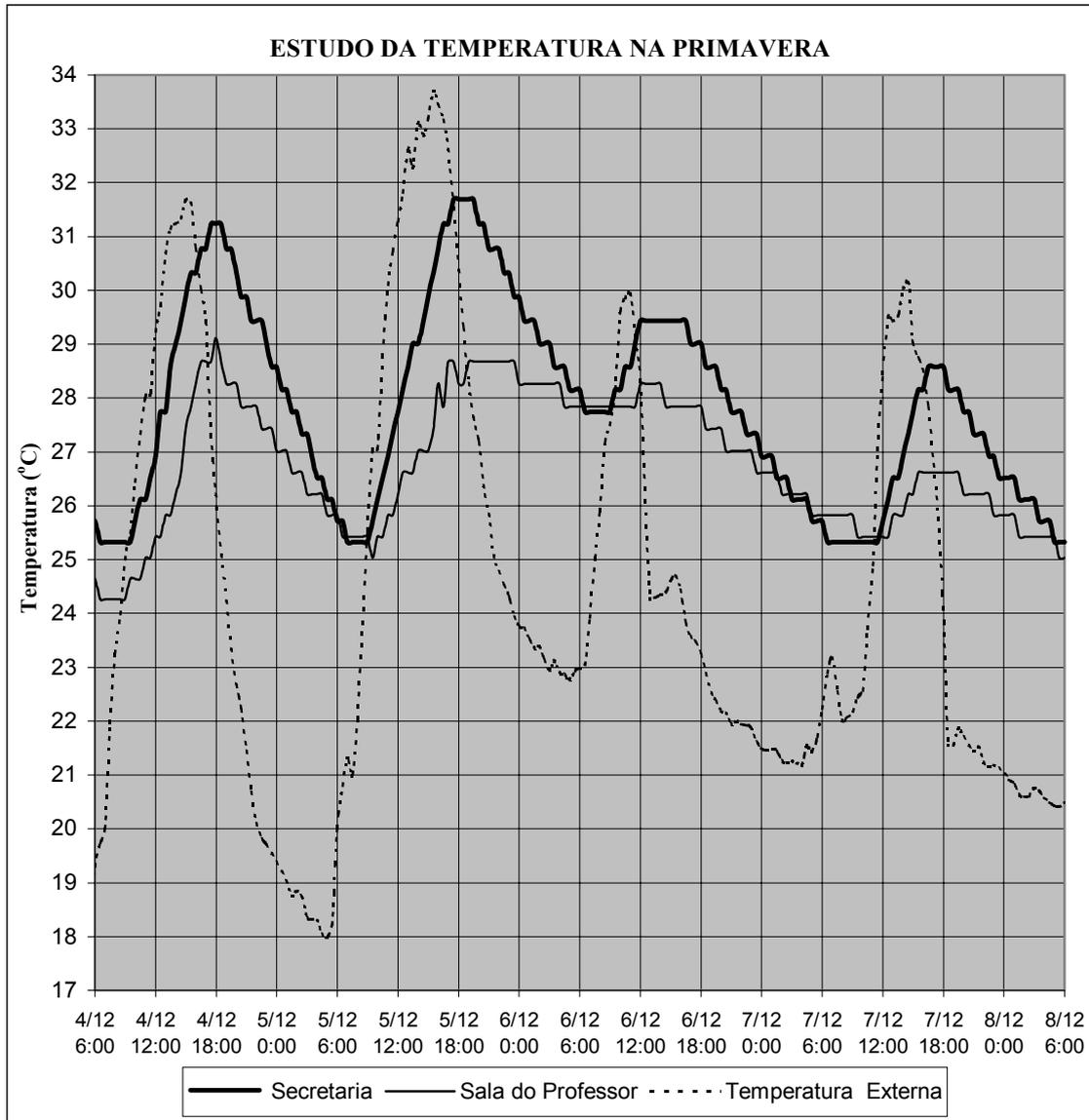


Figura 5. Gráfico de Temperaturas Externas e Internas referente a Primavera.

4.3 – Carga Térmica dos Ambientes em Estudo

A Tabela (2) indica os valores de carga térmica de cada um dos ambientes em estudo, calculados de acordo com a Norma Brasileira ABNT/NB-10 (1978). No cálculo da carga térmica considerou-se as parcelas de contribuição emitidas por pessoas, lâmpadas e equipamentos. Adicionou-se também a emissão de calor por insolação e por condução nas diversas superfícies (paredes externas e internas, áreas dos vidros das janelas, a cobertura do prédio, o piso e as portas).

Para o cálculo do calor (Q) por insolação e por condução aplicou-se a equação clássica Eq. (1) (Creder, 1990):

$$Q = k \cdot S \cdot \Delta\theta \tag{1}$$

Sendo: Q – calor por condução ou insolação nas superfícies [kcal / h]
 k – coeficiente global de transmissão de calor [kcal / m² h °C]
 S – área da superfície [m²]
 Δθ – diferença de temperatura [° C]

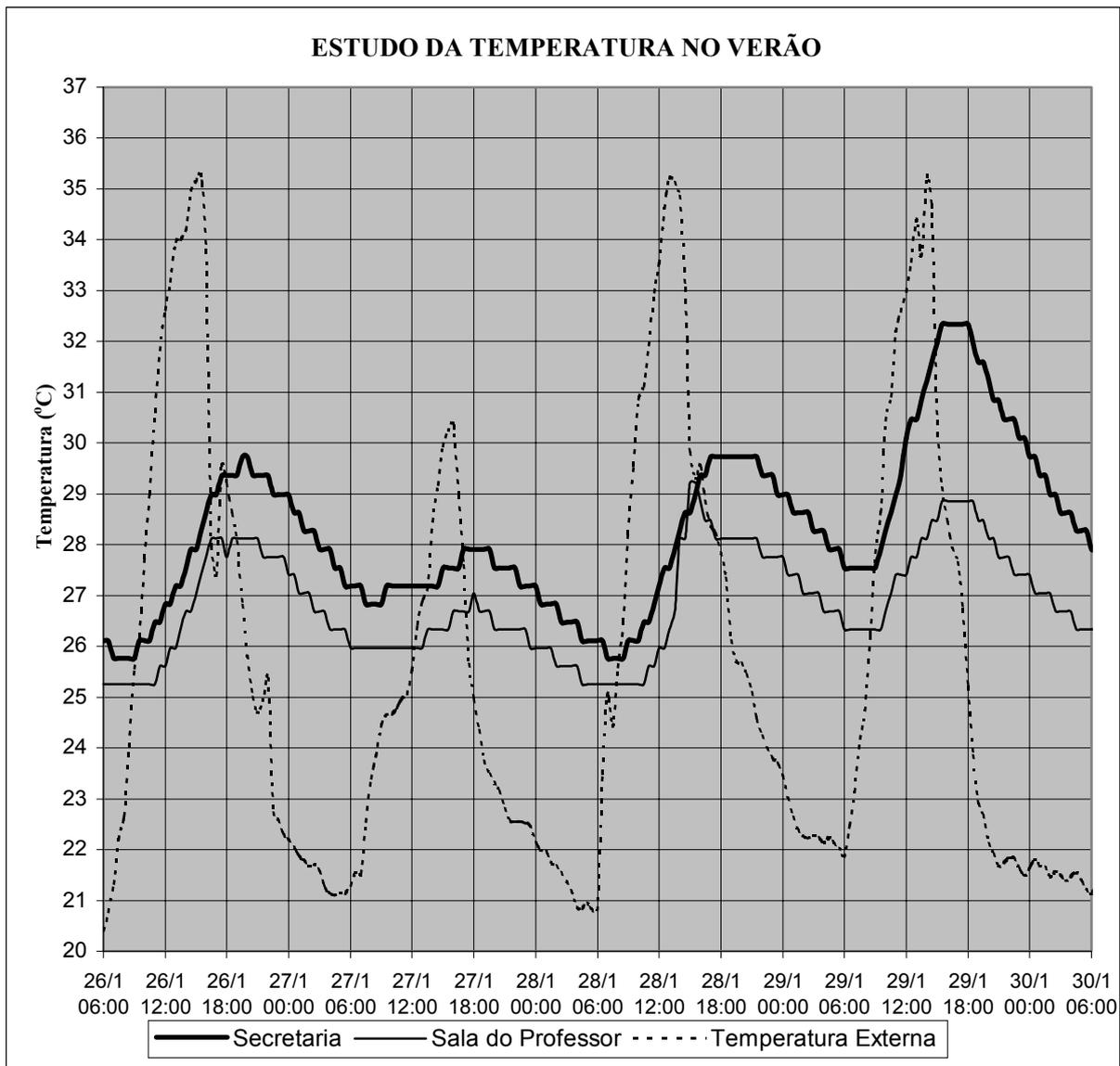


Figura 6. Gráfico de Temperaturas Externas e Internas referente ao Verão.

Na parcela de insolação a diferença de temperatura $\Delta\theta$ é um valor hipotético médio da ação da radiação solar sobre a superfície em estudo, o que não ocorre com a parcela de calor por condução, onde o valor adotado é real, ou seja, é a diferença entre a temperatura exterior e a interior.

Para calcular o calor emitido pelas pessoas, multiplica-se a quantidade de usuários existentes no ambiente por um determinado valor extraído da Norma ABNT/NB-10 (1978), onde cada indivíduo contribui com um determinado valor em função da temperatura interna do ambiente e da atividade física desenvolvida.

O calor liberado pelas lâmpadas foi obtido através da multiplicação da área iluminada pela potência dissipada pelas lâmpadas. Deve-se também adicionar a este cálculo o efeito do reator, uma vez que no local a iluminação é fluorescente. A parcela referente ao calor devido aos equipamentos foi obtida a partir de um valor extraído da Norma ABNT/NB-10 (1978) que, multiplicado pela potência dos equipamentos, determinou a quantidade de calor.

Tabela 2. Valores de Carga Térmica dos ambientes em estudo.

	SECRETARIA	SALA DO PROFESSOR
CARGA TÉRMICA DE VERÃO (Btu/h)	12175	14315
CARGA TÉRMICA DE INVERNO (Btu/h)	1691	1400

Segundo a Norma, a fachada sudoeste apresenta um ganho acumulado de calor por receber a ação do Sol no período da tarde. Assim, no verão, a carga térmica na sala do professor foi superior. As diferenças entre os valores de carga térmica entre as duas salas deram-se também pela diferença de tamanho entre elas. A secretaria é 20% menor que a sala do professor. Para o inverno, a Norma estabelece que a parcela de insolação não é acrescentada no cálculo, porque se considera o dia mais frio do inverno. Desta forma, a carga térmica foi maior na secretaria que na sala do professor.

Realizou-se uma estimativa do consumo de energia elétrica para alimentar a instalação de equipamentos que atendessem a carga térmica calculada, visando estabelecer o conforto térmico adequado para o ambiente. Selecionou-se um equipamento comercialmente disponível de 15.000 Btu/h (British thermal unit por hora, Btu/h = 0,2930 Watts) com uma potência equivalente de 1830 Watts e requerendo um consumo de 290 kWh (Watts.hora) mensais.

4.4 – Radiação Térmica

Os gráficos a seguir apresentam a curva de Radiação Direta obtidos através do radiômetro no período estudado. Observa-se que como no inverno os dias são mais abertos, a curva de radiação solar apresenta uma forma bem definida. Devido os dias serem mais frios, a incidência solar não ultrapassa 620 Watts por metro quadrado.

Nas outras duas estações a curva sofre algumas quedas bruscas que indicam a passagem de nuvens que bloqueiam a incidência solar. Os valores de radiação atingem até 1400 Watts por metro quadrado na primavera e 1500 Watts por metro quadrado no verão. Através dos gráficos é possível detectar dias mais frios como o dia 06/12 na Primavera, em que a radiação direta teve valores entre 800 Watts por metro quadrado, e no dia 27/01 do Verão que os valores não ultrapassaram 600 Watts por metro quadrado.

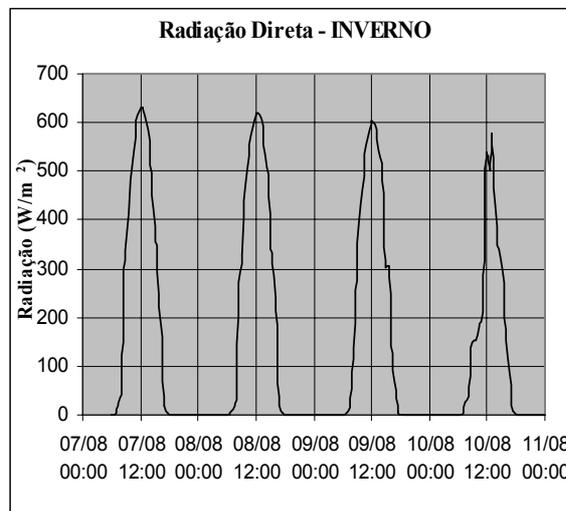


Figura 7. Radiação Direta durante o Inverno.

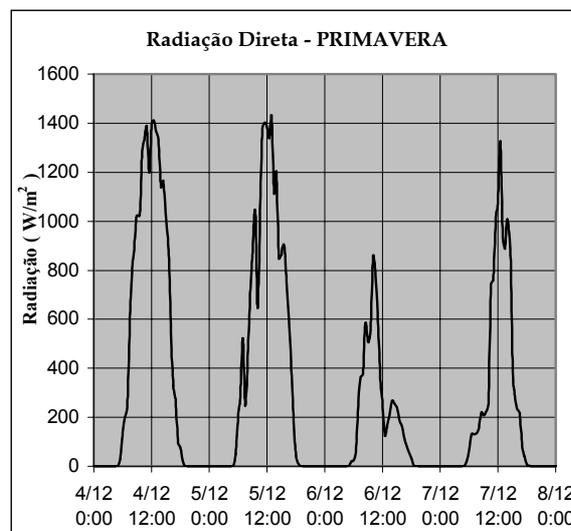


Figura 8. Radiação Direta durante a Primavera

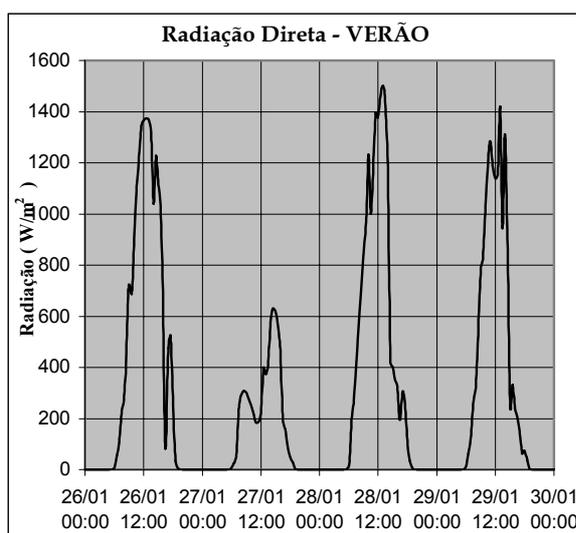


Figura 9. Radiação Direta durante o Verão.

5. Conclusão

Os dois ambientes estudados apresentam problemas de conforto térmico por fazerem parte de um edifício que possui uma grande inércia térmica devido aos materiais construtivos empregados.

Todas as janelas do prédio possuem dimensões acima do mínimo exigido por lei, o que beneficia a ventilação e iluminação natural dos ambientes, no entanto, permitem uma maior incidência de raios solares no interior das salas e, conseqüentemente, trazem um aumento no ganho interno de calor por insolação.

A carga térmica e o diagrama solar da cidade indicam que na sala do professor a ação solar é maior no período da tarde o que inicialmente sugere que as temperaturas internas deveriam ser maiores nesta sala, no entanto, a inércia térmica do edifício gera um acúmulo de calor durante o dia e um retardamento deste efeito no período da noite. Desta forma, as temperaturas internas no início do dia são bem mais elevadas que a temperatura externa, efeito este agravado conforme a estação do ano. Como a secretaria está voltada para a face que recebe a insolação no período da manhã, os ambientes da fachada nordeste tem seu aquecimento no início do dia, se estendendo durante toda a manhã. À tarde, embora o sol não mais incida na fachada nordeste, o ganho de calor das seis horas intensas de insolação dissipa tão lentamente que as temperaturas permanecem maiores que na outra face.

Conclui-se assim que, existe um deslocamento das variações de temperatura entre as faces devido a insolação. A fachada sudoeste do edifício sofre um efeito térmico retardado em relação a fachada oposta. É como se a inércia térmica do prédio alterasse de uma face para outra.

O resfriamento da sala do professor é causado também pelo efeito de ventilação Sul-Norte, característica da região, que beneficia a ventilação canalizada nas salas da fachada sudoeste com maior incidência que na face nordeste.

A partir deste estudo salienta-se que todas as salas dispostas na face nordeste do Departamento de Engenharia Civil sofrem um acúmulo térmico elevado durante o ano. Observa-se ainda que nesta face encontram-se locado salas de professores, um laboratório de Solos, um laboratório de Materiais de Construção, uma sala de aula e um laboratório de Maquetes. Em relação as variações de temperatura ocorridas no laboratório de Solos e de Materiais de Construção afirma-se que são os mais prejudicados devido a interferência da umidade e da temperatura. Os experimentos realizados são prejudicados pelo aquecimento excessivo do ambiente.

Entretanto, considera-se bem localizados o Laboratório de Saneamento, algumas salas de professores e a sala de aula por possuírem janelas voltadas para a face sudoeste que apresenta temperaturas inferiores a outra face.

Para se obter a melhoria das condições térmicas do edifício recomenda-se avanços de lajes sobre as janelas e uma adequada arborização na parte externa do prédio, principalmente na fachada nordeste. Esta ação beneficiaria a diminuição da carga térmica e conseqüentemente, do consumo de energia elétrica uma vez que exigiria uma menor quantidade de equipamentos para condicionamento dos ambientes.

6. Agradecimentos

Ao Departamento de Energia da Faculdade de Engenharia da UNESP, campus de Guaratinguetá, pelo apoio logístico.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior- CAPES pelo apoio financeiro concedido através da Bolsa de Mestrado.

Ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais-INPE, unidade de Cachoeira Paulista/SP, na pessoa do técnico José Carlos dos Santos, pelos equipamentos e suporte técnico fornecidos.

7. Referências Bibliográficas

- Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT/NB-10, 1978, “Instalações Centrais de Ar Condicionado para Conforto”, Rio de Janeiro, Brasil.
- Creder, H., 1990 “Instalações de Ar Condicionado”, 4ª ed., Livros Técnicos e Científicos Editora, Rio de Janeiro, Brasil, 354 p.
- Nunes, S. C., 1991, Avaliação das Condições de Conforto Ambiental em Edifícios – Um estudo de caso, Conservar Energia: um Desafio dos anos 90, Rio de Janeiro: Fundação Roberto Marinho: CNPq: Grupo Gerdau, pp.70 – 87, CDD: 333.7916.
- Oberding, B., Schmidt, W., Gonçalves, O. M., Prado, R. T. A., 1999, “Otimização de dispositivo externo de rastreamento solar para controle energético em ambiente externo”, Revista de Iniciação Científica CETEP-EESC-USP, No. 1, pp. 23-26. ISSN: 1516-7798.
- Oliveira, L. A., Carrocci, L. R., Amorim, E.B., 2001, “Conforto térmico em edifícios revestidos com grandes janelas de vidro e cobertura metálica: Estudo de caso” Proceedings of the 16th Brazilian Congress of Mechanical Engineering, Vol.5, Uberlândia, Brazil, pp. 50-58. ISSN: 85-85769-07-6.
- Vittorino, F., Akutsu, M., 2000, “Avaliação do Conforto Térmico e Lumínico em Conjuntos Habitacionais”, Revista TÉCNICA, Vol. 20, No. X, pp. 50-58. ISSN: 0104-1053.

THE THERMAL COMFORT EVALUATION - STUDY OF CASE : UNESP - Guaratinguetá

Lidiane Alves de Oliveira

UNESP- Campus de Guaratinguetá – Departamento de Energia
Av. Dr. Ariberto Pereira da Cunha, 333 – Cep:12516-410 – Guaratinguetá-SP
lidiane@uol.com.br

Luiz Roberto Carrocci

UNESP- Campus de Guaratinguetá – Departamento de Energia
Av. Dr. Ariberto Pereira da Cunha, 333 – Cep:12516-410 – Guaratinguetá-SP
carrocci@feg.unesp.br

Enos Arneiro Nogueira da Silva

UNESP- Campus de Guaratinguetá – Departamento de Energia
Av. Dr. Ariberto Pereira da Cunha, 333 – Cep:12516-410 – Guaratinguetá-SP
enos@feg.unesp.br

***Abstract.** Inside the building where the Department of Civil Engineering of UNESP, campus of Guaratinguetá, is located, differences in the thermal conditions of rooms were observed. Two rooms which possess the same kind of windows, though facing opposite directions, were chosen as representative of the building, so that a thermal accompaniment seeking to collect internal and external temperatures during the seasons of the year was performed. Through a radiometer located inside the campus, in open area, radiation data were obtained which, associated to the city solar diagram, enabled a study of the building heatstroke. In each studied environment, the thermal load which, associated to the other collected information, led to a rigorous analysis of thermal condition variation in the building was still determined, making it easier to point out solutions for a better thermal comfort as well as a rational consumption of energy in the conditioning environments.*

***Keywords.** Thermal comfort, thermal load, solar radiation, building and environment..*