

# A influência da cidade de Rio Claro na temperatura e na umidade do ar

JOSÉ CARLOS GODOY CAMARGO\*

ANTÔNIO CARLOS TAVARES\*

A percepção de que o desenvolvimento dos organismos urbanos cria sobre as cidades condições climáticas peculiares é bem antiga, datando dos fins do século XVIII. Em 1787, na Alemanha, Franz Xavier redigia um memorando à Academia de Ciências da Bavária sobre a presença mais acentuada de brumas e odores estranhos percebidos por ele na cidade de Munique. Tornou-se célebre o trabalho de Howard, 1833, que comparou as temperaturas de Londres com os arredores, verificando a existência de uma "ilha de calor" sobre a cidade, fato, aliás, que o francês H. Renou, em 1862, teve também a oportunidade de constatar para Paris (Jáuregui, 1974).

Desde a elaboração desses trabalhos pioneiros até nossos dias, o volume de estudos realizados, principalmente nos países de latitudes médias do hemisfério norte, tem mostrado uma série de características inerentes aos climas urbanos: a presença constante de uma "ilha de calor"; a existência de níveis mais baixos de umidade; a persistência de brumas advindas de dejetos industriais lançados à atmosfera, com conseqüente redução da visibilidade; a criação e modificações locais na circulação e o aumento das precipitações e de suas intensidades.

Do ponto de vista teórico a presença da "ilha de calor" encontraria explicações em fatos como:

a — a densidade de edificações da área central, já que a natureza dos materiais de construção facilita a absorção e a condução da energia. Além desse aspecto, entretanto, a diversidade dos materiais, a variedade de formas e as diferentes orientações dos prédios em relação ao sol possibilitam a reflexão da energia nas mais diversas direções, facilitando sua absorção pelas superfícies receptoras;

---

\* Departamento de Geografia, IGCE, UNESP — Rio Claro.

b — a existência de ruas com capeamento asfáltico, que, pela característica do material, são boas absorvedoras de calor;

c — a circulação de veículos automotores, responsáveis por grande emissão de calor, que se faz com maior intensidade na área central;

d — o adensamento de pessoas, que se verifica na área central como decorrência da localização concentrada de empreendimentos comerciais;

e — o fato de que a cidade gera uma área praticamente impermeável, fruto da edificação e da pavimentação das ruas. Com isso a energia incidente sobre ela não seria praticamente utilizada no processo de evaporação e estaria liberada para atuar no aquecimento da superfície.

Como o ar é aquecido basalmente, sobretudo pelo contacto com superfícies mais quentes, a cidade, em decorrência de todos esses aspectos citados, pode ser apontada como um excelente sistema aquecedor da atmosfera.

Com respeito aos aspectos hídricos, a bibliografia é bem sucinta, porém ela considera que a atmosfera na cidade apresenta valores, tanto de umidade relativa quanto de densidade absoluta, mais baixos que na zona rural adjacente. Tal fato seria explicado pela impermeabilidade apresentada pela superfície urbana em contraposição à exposição do solo e à presença de vegetação na área rural, que propiciariam condições mais favoráveis à evapotranspiração.

No Brasil alguns pesquisadores preocupados com clima urbano têm dado ênfase no exame da umidade relativa, como é o caso de Monteiro e Tarifa (1977), Tarifa (1977) e Chagas Filho (1981). Entretanto, como a umidade relativa é dependente tanto do teor de vapor d'água da atmosfera quanto da temperatura, o simples fato da cidade ser mais aquecida interfere no sentido de que ela apresente menor umidade relativa. Por essa razão optou-se pela análise dos valores de umidade absoluta, seguindo o preconizado por Tavares e outros (1985), durante trabalho efetuado na Serra de Itaqueri, ocasião em que se pode constatar, a partir do teor de vapor d'água na atmosfera, importantes peculiaridades pertinentes à circulação local.

## ÁREA DE ESTUDO

A cidade de Rio Claro está situada na Média Depressão Periférica Paulista, a 22°25' de latitude sul e a 47°34' de longitude oeste. Ela ocupa o interflúvio entre o Ribeirão Claro e o Rio Corumbataí, que, sob o ponto de vista geomorfológico, corresponde a um pedimento detrítico, nivelado numa altitude em torno dos 600 metros e elaborado no início do quaternário. Em decorrência do seu sítio urbano a cidade tem uma topografia predominantemente plana cortada por pequenos córregos, como o Servidão e o Lavapés, que propiciam desníveis não superiores a 30 ou 40 metros.

Com uma população de aproximadamente 140.000 habitantes, Rio Claro possui um traçado em tabuleiro de xadrez, com as ruas dispostas nos sentidos norte-sul e leste-oeste. As vias de circulação da cidade são predominantemente estreitas, com leito carroçável de cerca de 8 metros e pavimentação asfáltica, exceto nos bairros periféricos mais pobres, onde não

há qualquer tipo de capeamento. Os arranha-céus são ainda em pequeno número e, embora predominem na área central, não são contíguos. O espaço urbano edificado e loteado deve abranger, atualmente, uma área entre 30 e 35 Km<sup>2</sup>.

Segundo Troppmair (1976), Rio Claro contava na metade da década passada com 211.000 m<sup>2</sup> de áreas verdes, o que dava, na ocasião, 2,8 m<sup>2</sup>/hab, muito abaixo do valor recomendado pela ONU que é de 12 m<sup>2</sup>/hab. Essa carência de arborização, pela não expansão de áreas urbanas vegetadas e pelo crescimento da população é, sem dúvida, mais acentuada nos dias atuais.

## OBJETIVOS E OBTENÇÃO DOS DADOS

O objetivo desse artigo é verificar a formação da "ilha de calor" e o comportamento da umidade atmosférica na cidade de Rio Claro — SP, comparando medidas térmicas e hídricas tomadas no centro da cidade com outras obtidas em direção à periferia e à zona rural.

Os dados termo-higrométricos foram obtidos a partir do trabalho de Chagas Filho (1981). Esse autor, a fim de atingir o objetivo de verificar alterações climáticas propiciadas pela área urbana de Rio Claro — mensurou a temperatura e a umidade relativa do ar em 90 dias, entre 18 de abril e 30 de outubro de 1980, às 7:00 e às 15:00 horas, em 4 postos instalados na área urbana e em sua proximidade. Para isso utilizou aparelhos termohigrômetros marca Villingen, com precisão em torno de 0,5°C e 0,5%, colocados na sombra e a cerca de 1,5 m do solo.

A reutilização desses dados pareceu-nos útil porque:

a — os horários de mensuração permitem comparações estrategicamente posicionadas próximas às ocorrências das temperaturas mínimas e máximas diárias;

b — três dos postos dispõem-se ao longo de um perfil, de orientação SW — NE, alinhado do centro em direção à periferia da cidade, tornando possível detectar modificações nas características climáticas, à medida que se passa de áreas densamente ocupadas, como é o caso da zona central, para bairros medianamente edificados ou para áreas com vastos trechos sem construções. O posto situado no centro é representativo de uma zona completamente edificada, com prédios térreos ou sobrados construídos sem recuo frontal em relação à calçada. As ruas são capeadas por pavimentação asfáltica e, por compreender parte da área comercial da cidade, a circulação de veículos, assim como o movimento de pessoas, é grande durante todo o dia. O posto localizado no Bairro Indaiá ocupa a vertente esquerda do Córrego Lavapés, voltada para oeste, porém, como as declividades são muito reduzidas, esse fato não parece ser decisivo na explicação dos dados ali mensurados. É uma área residencial ainda não totalmente ocupada, isto é, com a presença de muitos lotes vagos e as casas aí edificadas apresentam em grande parte um pequeno jardim frontal. As ruas também são asfaltadas, mas o trânsito de veículos assume um caráter local. O posto localizado na entrada do campus universitário da UNESP, na Bela Vista,

acha-se posicionado nos limites da área urbana edificada. Ao sul dele está o Bairro Bela Vista, prolongamento do Indaiá e com características similares, mas ao norte estende-se o espaço ocupado pela universidade, com edifícios esparsos, extensas áreas com gramíneas e alguns agrupamentos arbóreos. Salienta-se que o campus é contíguo ao Horto Florestal da Fepasa. Aliás, o quarto posto foi localizado na entrada do Horto Florestal, local com predominância de eucaliptos, que permite comparações entre o que seria uma forma de ocupação em área rural e o centro da cidade (Fig. 1);

c — o trabalho de Chagas Filho baseou sua análise na umidade relativa e o objetivo do presente estudo é verificar se há e qual a influência do organismo urbano na umidade absoluta do ar;

d — a análise climática realizada pelo referido autor ateve-se principalmente aos aspectos qualitativos enquanto que procurar-se-á realizar neste trabalho a quantificação dos dados, através de regressões e correlações, das diferenças que vierem existir entre o centro da cidade, sua periferia e a área rural adjacente, representada pelo Horto Florestal.

#### TÉCNICAS UTILIZADAS

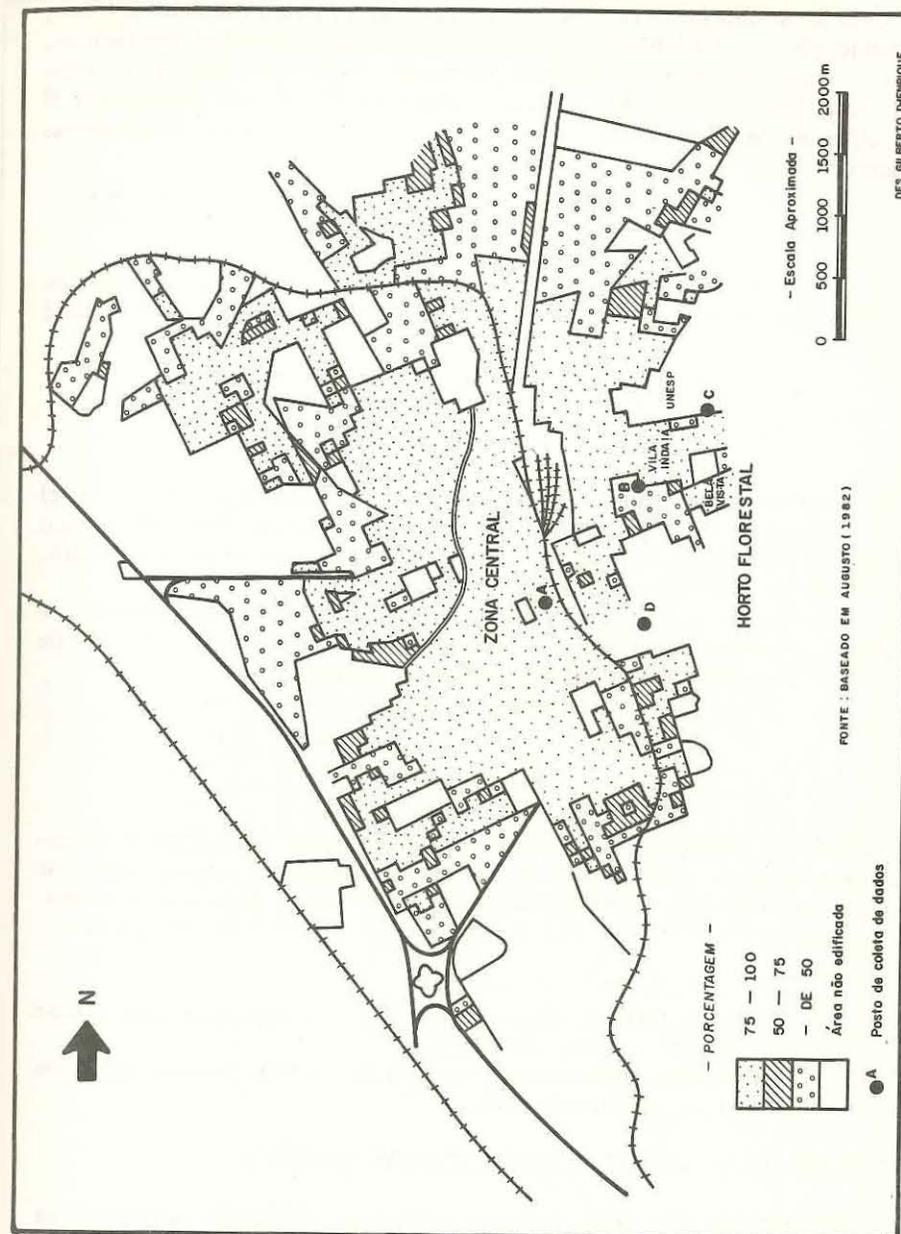
Os dados termo-higrométricos obtidos por Chagas Filho (1981), foram primeiramente dispostos em tabelas, para uma melhor visualização e depois tratados estatisticamente. Obtiveram-se assim, 4 tabelas sendo duas referentes à temperatura (às 7:00 horas e às 15:00 horas) e duas à Umidade Relativa e Absoluta do ar (às 7:00 horas e às 15:00 horas) para as diferentes localidades. Em função do grande número de dados reproduziremos apenas um exemplo de como foram confeccionadas essas tabelas:

*Valores térmicos: 7:00 horas (em °C)*

Data	Centro	Bairro	Campus	Horto	Tempo
18/04	21,0	20,0	20,5	21,0	Bom
19/04	20,0	18,0	17,0	20,5	Bom
29/04	18,5	18,5	17,0	18,5	Bom
30/10	24,5	23,5	23,0	22,0	Bom

*Umidade do Ar — 7:00 horas (gr/m<sup>3</sup>)*

Data	Centro		Bairro		Campus		Horto		Tempo
	UR	UA	UR	UA	UR	UA	UR	UA	
18/04	85	15,5	84	14,5	85	15,1	82,5	15,1	Bom
19/04	84	14,5	90	13,8	92	13,3	83	14,7	Bom
20/04	90	14,2	91	14,4	98	14,1	93	14,2	Neblina
30/10	70	15,6	73	15,4	76	15,6	80	15,5	Bom



Para cada valor térmico mensurado foi obtida a umidade absoluta do ar em condições de saturação, segundo a Tabela de Conversão publicada por Tubelis e Nascimento (1980). Como a umidade relativa já era um dado conhecido, foi calculada a umidade absoluta, através de uma regra de três simples.

Com o auxílio de uma máquina de calcular programável marca Casio, modelo FX — 702P passamos a efetuar os seguintes cálculos estatísticos:

a — retas de regressão para as diferentes localidades, conforme pode ser visualizado através dos gráficos confeccionados. Os coeficientes A e B da equação de regressão  $y = A + B x$  foram calculados usando-se as seguintes fórmulas:

$$B = \frac{n \cdot \sum xy - \sum x \cdot \sum y}{n \cdot \sum x^2 - (\sum x)^2} \quad A = \frac{\sum y - B \cdot \sum x}{n}$$

b — foi calculado o coeficiente de correlação para as mesmas variáveis. O coeficiente de correlação utilizado foi o de Karl Pearson, cuja fórmula é a seguinte:

$$r = \frac{n \cdot \sum x_i y_i - \sum x_i \cdot \sum y_i}{\sqrt{\{n \cdot \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2\} \{n \cdot \sum y_i^2 - (\sum y_i)^2\}}}$$

Os coeficientes de correlação foram sempre superiores a 0,88. O nível de confiança de 99% para 80 casos, com dois graus de liberdade é igual a 0,283. Como todos os casos envolveram mais que esse número de dados, vê-se que os resultados alcançados são significativos.

c — a fim de se ter uma noção da variabilidade dos dados, calculou-se também a média aritmética e o desvio padrão, para cada conjunto de variáveis e as fórmulas utilizadas foram as seguintes:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n}}$$

Calculou-se também a distribuição de frequência para os dados de temperatura e umidade absoluta do ar. Para se estabelecer o número exato de classes, optou-se pela utilização da fórmula de Sturges, que dá uma estimativa do número de classes (k) a ser utilizada. A fórmula de Sturges é:

$$k = 1 + 3,3 \log n$$

onde n é o número total de observações e log é o logaritmo para a base 10 (segundo Gerardi e Silva, 1981).

Após esses cálculos foram confeccionados os gráficos ilustrativos e que serão analisados no capítulo seguinte.

## ANÁLISE DOS DADOS E RESULTADOS OBTIDOS

A comparação dos dados térmicos e hídricos verificados no centro da cidade com os levantados na entrada do Horto Florestal, considerado como exemplo de área rural, mostrou que:

a — a temperatura média, às 7:00 horas, no centro da cidade foi de 15,4°C, enquanto no Horto Florestal foi de 13,5°C. A diferença entre um posto e outro mostrou que o centro da cidade é cerca de 2,0°C mais

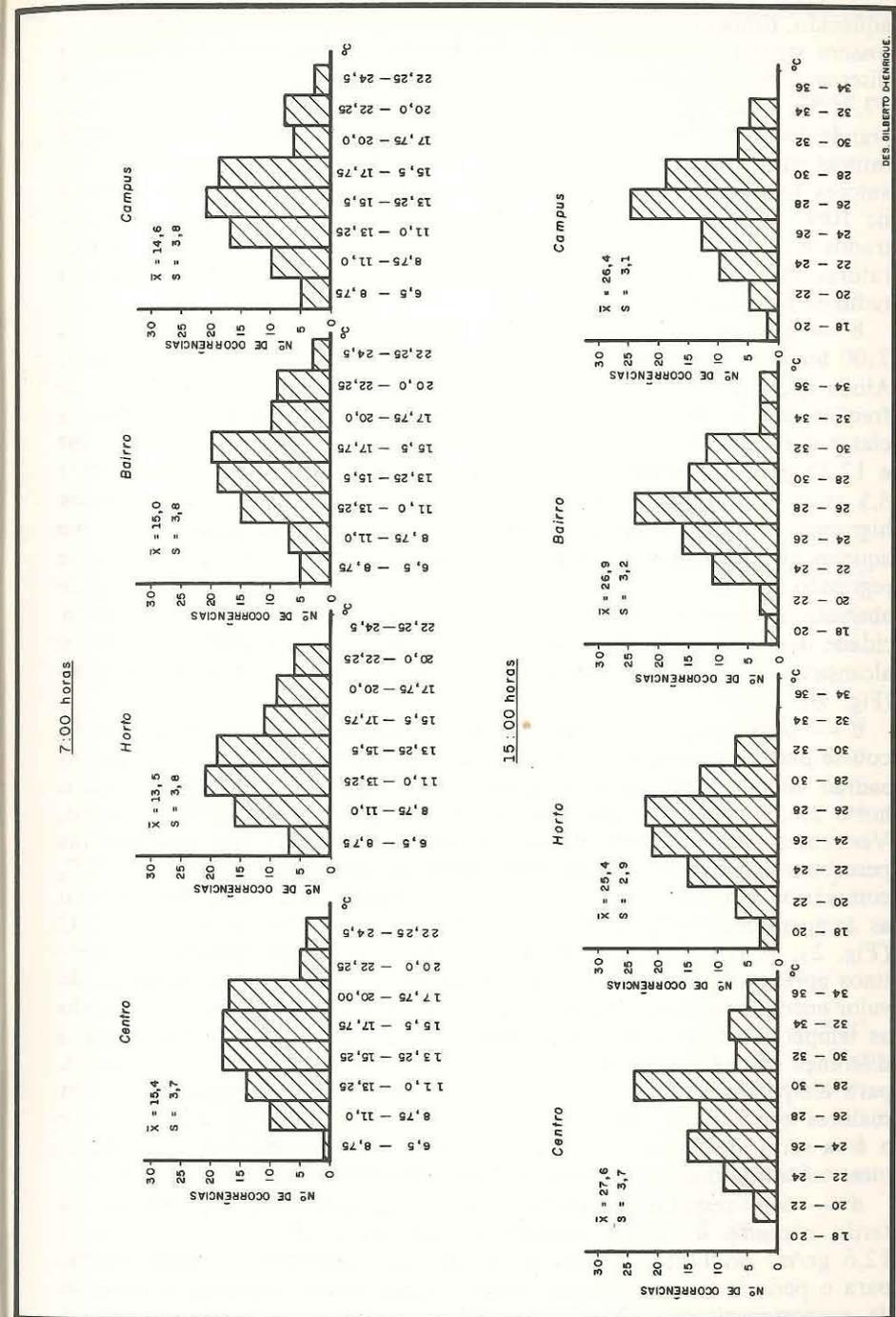


Fig. 2 - Distribuições de frequências da temperatura do ar.

aquecido. Embora os desvios padrão das temperaturas de ambos os postos fossem similares, os gráficos de distribuição de frequência mostraram-se discrepantes. No centro predominaram as temperaturas entre 13,25°C e 17,75°C, sendo que a classe entre 17,75°C e 20,0°C também teve uma grande incidência de dados, enquanto no horto predominaram as temperaturas entre 11,0°C e 13,25°C (Fig. 2). A reta de regressão ajustada aos valores térmicos (Fig. 4), denota que para valores mais baixos (menos de 10°C no Horto Florestal) a diferença esperada entre os valores registrados no centro e no horto é de 2°C ou mais, mas quando as temperaturas matinais superam 20°C no Horto Florestal, a diferença esperada reduz-se para 1,5°C;

b — a umidade absoluta média verificada no centro da cidade, às 7:00 horas, é ligeiramente maior do que a mensurada no Horto Florestal. Ainda que o desvio padrão nos dois postos seja similar, as distribuições de frequência dos dados de umidade absoluta mostraram que, no centro, a classe que tem maior incidência é a que contém valores entre 11,0 gr/m<sup>3</sup> e 12,25 gr/m<sup>3</sup>, enquanto no horto destaca-se a que possui valores entre 8,5 gr/m<sup>3</sup> e 9,75 gr/m<sup>3</sup> de ar. Mesmo com essas discrepâncias, os dados higrométricos apresentaram distribuições mais similares entre si do que aquelas que retrataram a variação dos dados térmicos (Fig. 3). A reta de regressão ajustada para o período da manhã mostrou que quando a umidade absoluta do ar no horto está por volta de 7 gr/m<sup>3</sup> o valor esperado para a cidade deveria ser em torno de 7,5 gr/m<sup>3</sup>. Se o valor registrado no horto alcançasse 15 gr/m<sup>3</sup>, na cidade este também deveria ser o valor esperado (Fig. 5);

c — com relação às temperaturas registradas às 15:00 horas, verificou-se para o horto a média de 25,4°C e para o centro 27,6°C. O desvio padrão encontrado para as temperaturas do centro foi de 3,7 e para o horto 2,9, o que demonstra uma maior oscilação térmica na área central. Verificando-se os gráficos de distribuição de frequência das temperaturas percebe-se que na zona central predominam os dados entre 28,0°C e 30,0°C, com vários registros entre 32,0°C e 36,0°C, enquanto no horto predominam as temperaturas entre 26,0°C e 28,0°C, sem registros acima de 32,0°C (Fig. 2). A reta de regressão ajustada para os valores térmicos vespertinos apresenta um coeficiente de correlação de 0,94, abaixo, portanto, do valor encontrado para o período da manhã. Sua análise mostra que quando as temperaturas no horto estão abaixo de 22,0°C é de se esperar que a diferença entre o centro da cidade e o horto seja menor que 1,5°C, porém, para temperaturas superiores a 25,0°C as diferenças esperadas já seriam maiores que 2,0°C e elas aumentariam para mais de 3,0°C à medida que a área rural alcançasse 30,0°C. Dessa forma, quanto maiores as temperaturas máximas, mais acentuadas as diferenças entre os dois postos (Fig. 4).

d — com respeito às umidades absolutas verificadas no período da tarde, o centro da cidade apresentou valor médio de 13,3 gr/m<sup>3</sup>, contra 12,6 gr/m<sup>3</sup> no horto. Ambas as médias são superiores às determinadas para o período da manhã, pois maiores temperaturas aceleraram o processo de evapotranspiração. Os desvios padrão encontrados foram os mesmos

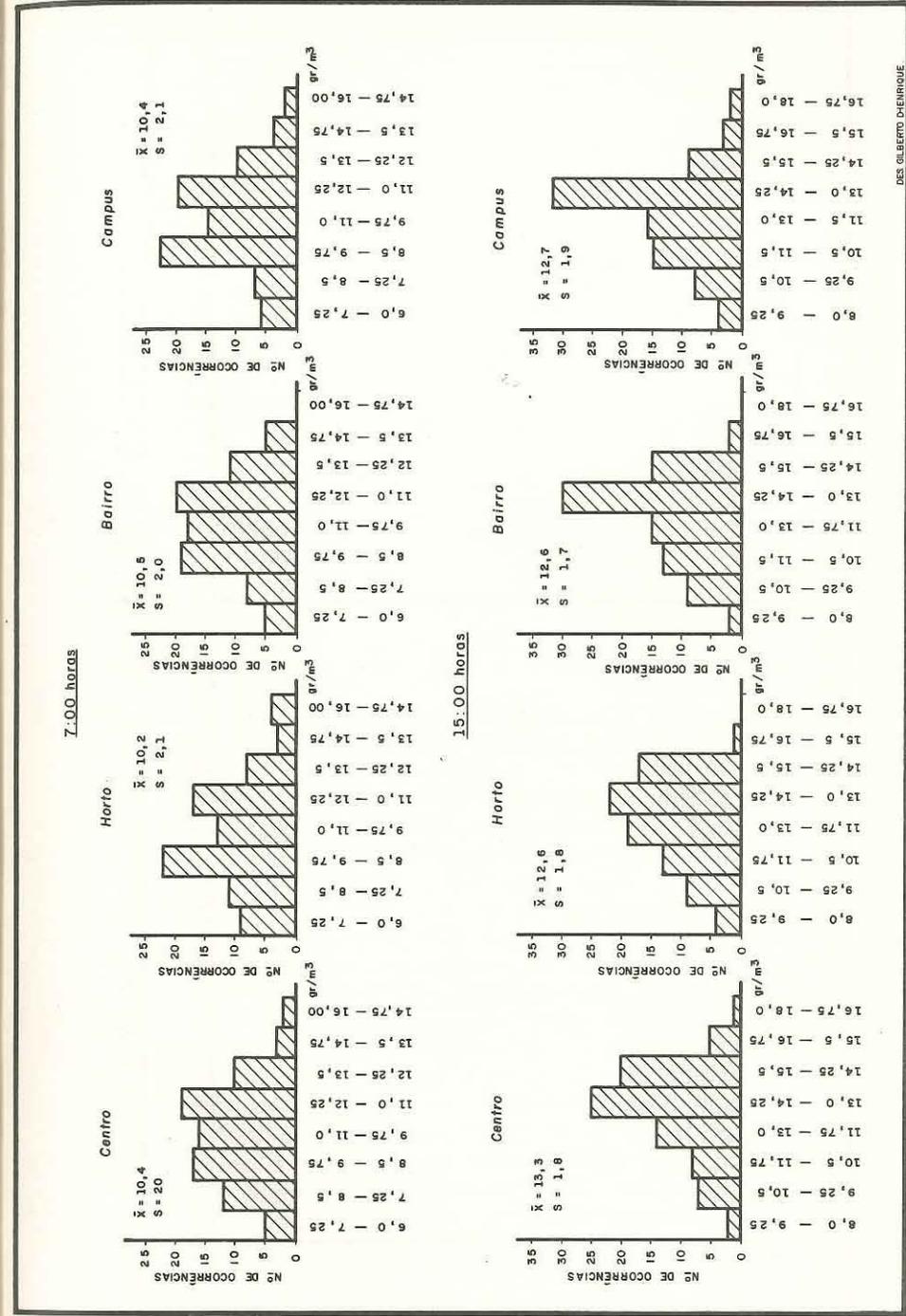


Fig. 3 - Distribuições de frequência da umidade absoluta do ar.

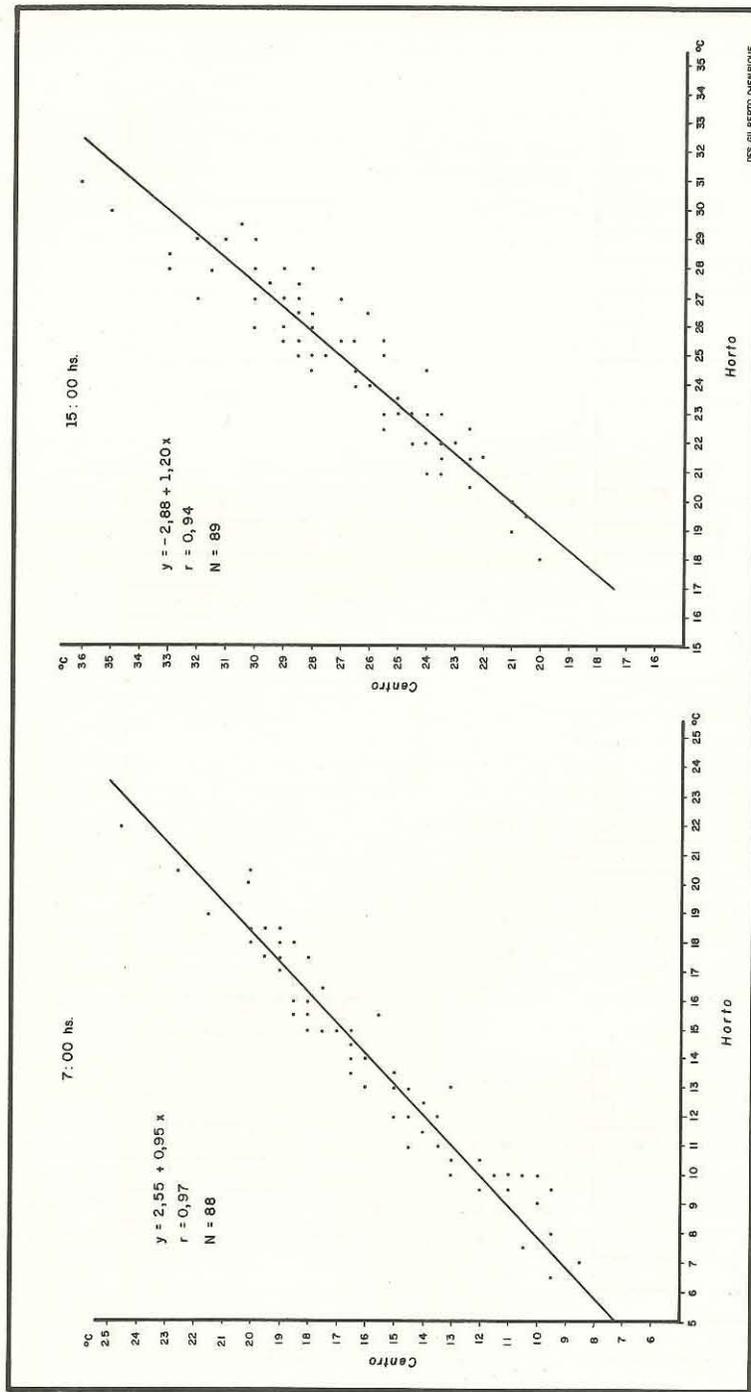


Fig. 4 - Relações entre as temperaturas do ar do centro da cidade e do horto florestal.

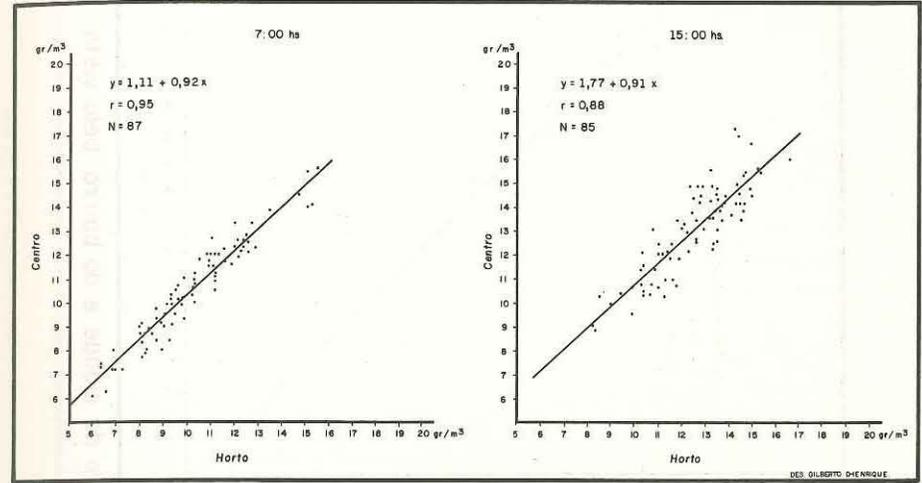


Fig. 5 - Relações entre a umidade absoluta do ar do centro da cidade e do horto florestal.

Comparando-se os dados térmicos e higrícos do centro da cidade com os mensurados no Bairro Bela Vista e no Campus Universitário da UNESP, na periferia da cidade, constatou-se que:

a — as temperaturas das 7:00 horas mostram a presença de uma “ilha térmica” que se acentua na parte central da cidade, com o bairro guardando um aspecto de transição entre o centro e o campus. Levando-se em conta os valores médios o centro apresentou 15,4°C, o bairro 15,0°C e o campus 14,6°C. As distribuições de freqüência das temperaturas para os três postos apresentaram certa similaridade, mas o posto central, em relação aos outros, contou com uma incidência grande de dias com temperaturas entre 17,75°C e 20,0°C. A classe de maior freqüência no bairro compreende os dados entre 15,5°C e 17,75°C. No campus a classe com dados entre 13,25°C e 15,5°C é que se sobressai (Fig. 2). Analisando-se as retas de regressão ajustadas para as temperaturas do campus e do bairro e a central, verificou-se que os coeficientes de correlação, nos dois casos, são elevados e semelhantes. Considerando-se uma temperatura de 8,0°C para o campus, a temperatura esperada no centro da cidade seria de 9,2°C e, nessas mesmas condições, poder-se-ia esperar valores de 8,5°C na Bela Vista. Entretanto, se a temperatura atingisse 20,0°C no campus esperar-se-ia 20,4°C no centro. A diferença reduzir-se-ia para 0,4°C. Com a uniformização térmica da cidade a Bela Vista apresentaria temperaturas semelhantes ao centro (Figs. 6 e 7).

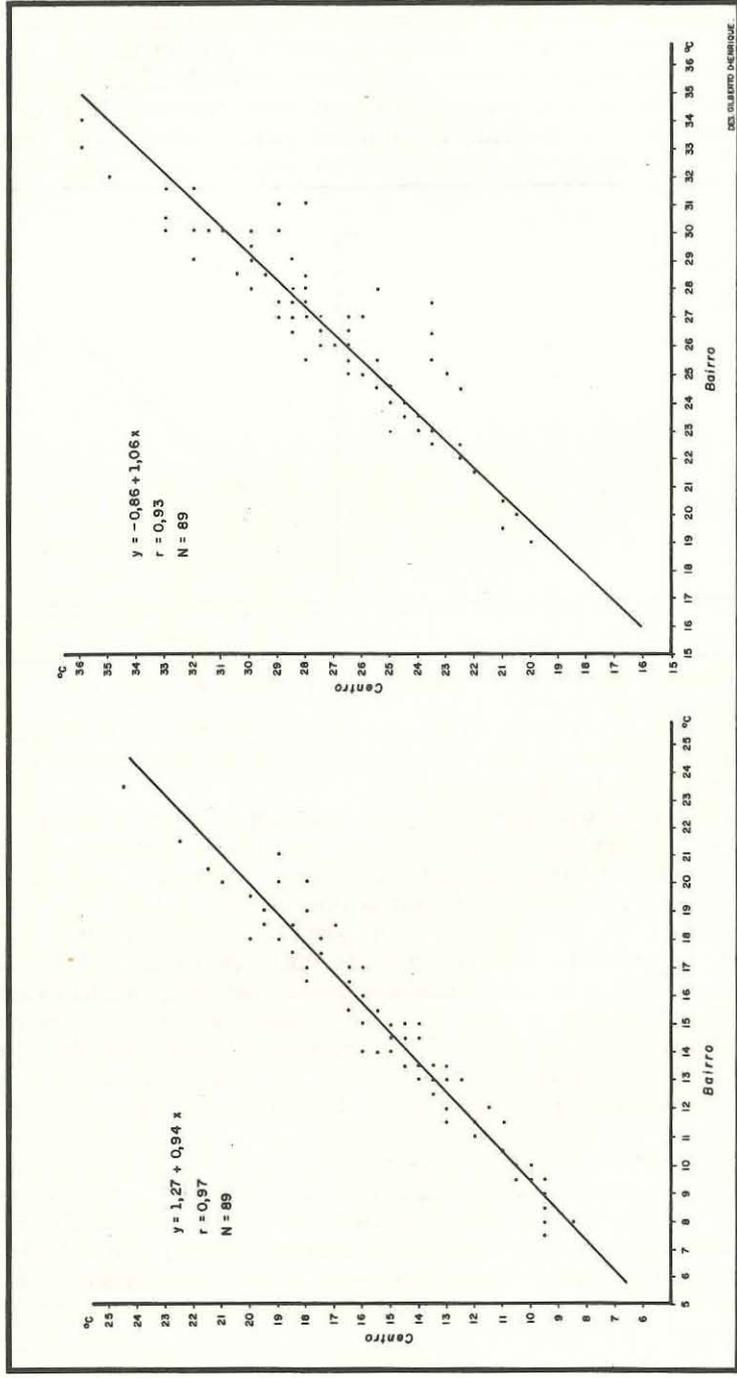


Fig. 6 – Relações entre as temperaturas do ar do centro da cidade e do bairro bela vista .

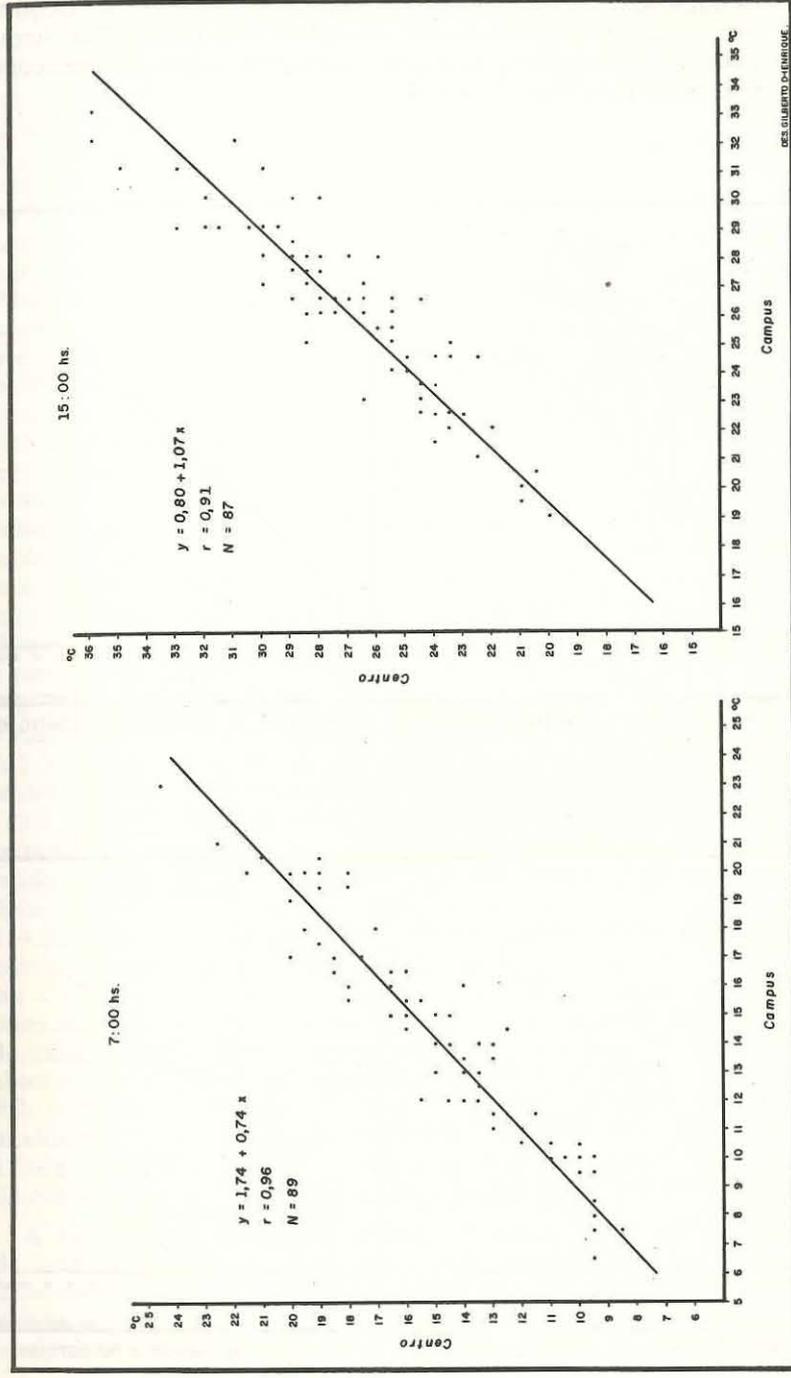


Fig. 7 – Relações entre as temperaturas do ar do centro da cidade e do campus .

b — os valores médios, os desvios padrão, as distribuições de frequência e as retas de regressão mostram que a umidade absoluta, às 7:00 horas, nos três postos é praticamente uniforme, tanto para valores baixos como para os mais elevados (Figs. 3, 8 e 9);

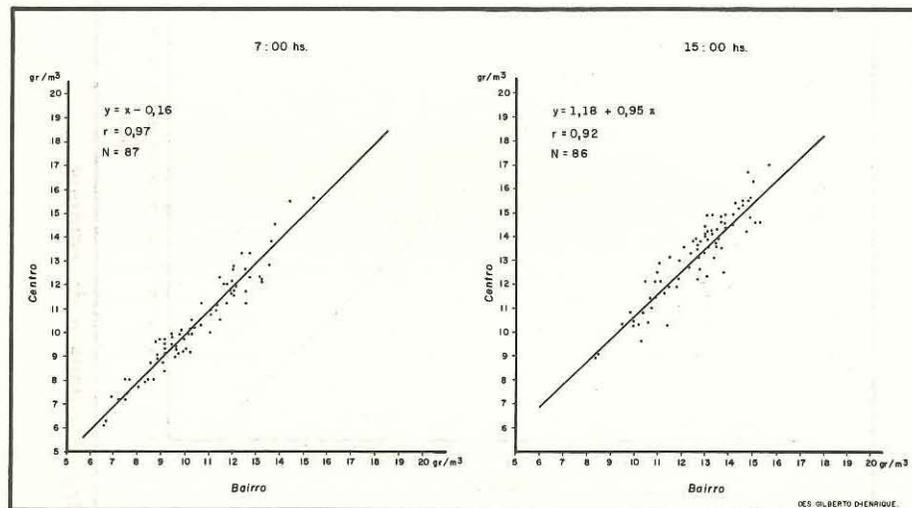


Fig. 8 - Relações entre a umidade absoluta do ar do centro da cidade e do centro do bairro bela vista.

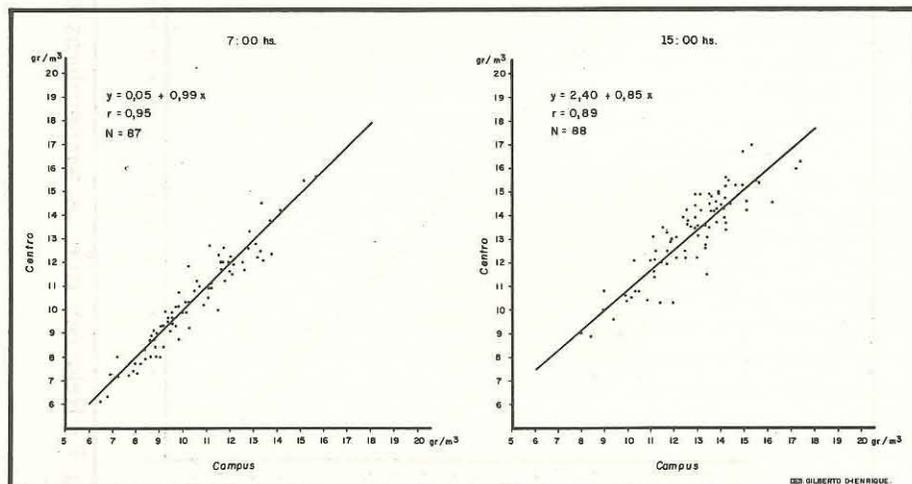


Fig. 9 - Relações entre a umidade absoluta do ar do centro da cidade e do campus.

c — com relação às temperaturas verificadas às 15:00 horas, percebeu-se a mesma tendência já verificada no período da manhã. A zona central revelou-se a mais quente, com média de 27,6°C. O campus, representando a porção mais periférica da cidade, foi o posto mais frio, com 26,4°C. A Bela Vista, com 26,9°C, situou-se em posição intermediária. O posto central foi aquele que apresentou o maior desvio padrão, mostrando que as temperaturas ali tiveram maior variabilidade. As distribuições de frequência das temperaturas da Bela Vista e do campus são mais homogêneas entre si e mais discrepantes em relação ao centro, que foi o único posto a não ter temperaturas inferiores a 20°C. Na área central a classe de maior ocorrência inclui os dados entre 28,0°C e 30,0°C. No bairro e no campus as temperaturas entre 26,0°C e 28,0°C foram aquelas que predominaram. No campus a ocorrência de dados entre 28,0°C e 30,0°C foi mais expressiva do que na Bela Vista, porém, o inverso ocorreu na classe entre 30,0°C e 32,0°C. No campus não foram registradas temperaturas superiores a 34,0°C (Fig. 2). As retas ajustadas aos dados dos três postos mostram que se as temperaturas vespertinas estivessem por volta de 20,0°C no campus, a temperatura da área central estaria por volta de 20,6°C e a da Bela Vista seria aproximadamente 20,3°C. Entretanto, por ocasião de tardes mais quentes, o centro sobressai-se mais em relação aos outros dois postos. Tomando-se uma temperatura de 32,0°C para o campus, seria lícito esperar para o centro 33,5°C e 32,5°C para a Bela Vista, que, nestas circunstâncias guardaria maior similaridade com a periferia da cidade (Fig. 6 e 7);

d — as umidades absolutas verificadas às 15:00 horas mostraram que o maior teor de vapor está, em média, concentrado no centro da cidade (13,3 gr/m³). O bairro da Bela Vista foi aquele que menor valor apresentou (12,6 gr/m³), enquanto o campus praticamente igualou-se ao bairro (12,7 gr/m³). As distribuições de frequência da umidade absoluta, de certa forma, foram similares, com os dados entre 13,0 gr/m³ e 14,25 gr/m³ sendo os mais registrados em todos os postos, mas com maior ênfase na Bela Vista e no campus. Já os dados da classe imediatamente superior (14,25 gr/m³ — 15,5 gr/m³) foram mais significantes no posto da área central. Somente no posto da Bela Vista não se registraram dados superiores a 16,75 gr/m³ (Fig. 3). As retas ajustadas aos dados higróscopos vespertinos mostram que para valores mais baixos de umidade absoluta o centro da cidade supera ligeiramente o bairro e o campus. Para uma umidade absoluta de 8 gr/m³ no campus, o bairro teria 8,5 gr/m³ e o centro 9,2 gr/m³. Sob condições de umidade absoluta elevada essa situação é modificada. Com o campus contando com uma umidade absoluta de 17,0 gr/m³, o teor esperado de vapor no centro seria de 16,9 gr/m³, ficando o bairro com os valores mais baixos, cerca de 16,5 gr/m³ (Figs. 8 e 9);

A interpretação dos dados permitiu supor a existência, em Rio Claro, de uma “ilha térmica” decorrente do fenômeno de urbanização, o que ficou caracterizado a partir da comparação dos dados da área central da cidade com aqueles obtidos na entrada do Horto Florestal da Fepasa. O perfil estabelecido do centro à periferia também corroborou com essa

interpretação, pois mostrou que sobre a cidade não existe uniformidade térmica, mas, pelo contrário, uma graduação que se faz da área central, densamente ocupada e aquecida em direção aos limítrofes da área urbanizada.

As diferenças de temperatura entre o centro e a área rural dos bairros estudados não são constantes. No período da manhã, cujas temperaturas foram tomadas próximas do horário de ocorrência das mínimas, verificou-se que as maiores diferenças aconteceram por ocasião dos menores valores térmicos registrados. Esse fato vem de encontro ao até agora observado na literatura climatológica, por autores como Chandler (1962, 1965) para a cidade de Londres e por Jáuregui (1974) para a cidade do México. Infelizmente os estudos desenvolvidos nesse sentido em cidades médias brasileiras de latitude tropical são ainda escassos para comparações com Rio Claro.

A ocorrência de baixas temperaturas está, freqüentemente, associada às noites claras e calmas, em que a emissão de energia pela superfície terrestre, em ondas longas, encontra maior facilidade para alcançar o espaço. Diante disso o labirinto emissor-receptor formado pelo conjunto de edificações age no sentido de melhor conservar a energia ali armazenada, resfriando-se de modo mais lento. Com isso as temperaturas registradas mostraram estar relacionadas às densidades de construções, explicando o resfriamento gradual do centro à periferia.

Como decorrência de temperaturas mais baixas, tanto o horto como a área limítrofe da cidade (como mostrado por Chagas Filho) possuem maior umidade relativa. Conseqüentemente orvalhos e nevoeiros são mais freqüentes e mais densos no campus e no horto. As ocorrências desses fenômenos agem no sentido de liberar o calor latente de evaporação e de formar uma cobertura de gotículas que atuam no estabelecimento do efeito de estufa. Assim, a temperatura nessas áreas deixa de decrescer e elas poder-se-ão tornar tão ou mais aquecidas que o centro.

Nas ocasiões em que o resfriamento noturno é pequeno, pela atuação de massas de ar tropicais ou tropicalizadas, pela presença de nebulosidade no céu, pela constância de ventos quentes, as perdas de calor pela superfície são compensadas por processos de reirradiação e condução. Dessa forma as diferenças de temperatura entre o centro e a zona rural é menor e a cidade apresenta maior uniformidade térmica.

No período vespertino verificou-se que por ocasião de tipos de tempo que não levaram a grande aquecimento, como durante a atuação de frentes frias ou de massas polares, com presença de nebulosidade e de precipitação, as amplitudes entre o centro e a zona rural tornaram-se menores, uniformizando os dados mensurados nos diversos pontos de Rio Claro. Convém salientar, entretanto, que sob tipo de tempo similar, em estudo efetuado em São José dos Campos, Tarifa (1977) encontrou as maiores diferenças térmicas entre a cidade e a zona rural.

Quando se estabelecia a atuação de massas de ar tropicais, com bom tempo, céu limpo e intensa radiação solar, intensificava-se o aquecimento do centro urbano. Além do labirinto ali edificado atuar na retenção da

energia, os materiais utilizados na pavimentação das ruas e nas construções dos prédios, por suas colorações e superfícies rugosas, são excelentes absorvedores da radiação solar e dotados de baixo calor específico e com isso aquecem-se rapidamente e, por condução, o ar adjacente. Em seis episódios, entre 18 e 30 de outubro de 1980, as amplitudes entre o centro e o horto chegaram a 5,0°C e entre o centro e o campus variaram de 3,0°C a 4,0°C. Nestes episódios, embora a umidade relativa fosse baixa (em torno de 40%) em decorrência das temperaturas do ar, que em quatro dias, no centro da cidade, foi de 36,0°C, a umidade absoluta inseria-se entre os mais altos valores encontrados (em torno de 16,0 gr/m<sup>3</sup>) e o teor expressivo de vapor na atmosfera atuava na absorção e reirradiação da energia de ondas longas emanadas da superfície.

Tarifa (1977) utilizou modelos elaborados por Oke para cidades do Canadá e Europa, com a finalidade de verificar a amplitude térmica entre as áreas urbanas e rural, sob condições de calmaria, em função do tamanho da cidade. Encontrou para cidades entre 150.000 e 200.000 habitantes, diferenças entre 7,0°C e 9,0°C a partir do modelo canadense e de 5,0°C a 6,5°C com o modelo europeu. As diferenças máximas encontradas em Rio Claro podem ter ficado abaixo desses valores por que o destaque da "ilha de calor" no período diurno tende a ativar a circulação local, com convergência para o centro da cidade, onde o ar aquecido ascende, resfria-se e desce sobre a área circundante ao organismo urbano, agindo no sentido de resfriar e nivelar as temperaturas. Isso explicaria também porque, ao ajustar-se as retas de regressão, constatou-se maior dispersão nas temperaturas vespertinas.

O estudo da umidade absoluta levou a melhor compreender o mecanismo de circulação que se manifesta das áreas rurais e periféricas para o centro da cidade.

Teoricamente a área rural ou o bairro pouco edificado deveria conter maior teor de vapor de água que a área central, pois a exposição dos solos e a existência de vastas áreas cultivadas ou vegetadas permitiriam, através do processo de evapotranspiração, mais fácil anexação da água à atmosfera. Entretanto, o que se viu é que a umidade absoluta apresentou-se, freqüentemente, mais elevada ou, pelo menos, igual na zona central, o que é um indício claro da convergência do ar para essa zona.

A partir dos valores obtidos às 7:00 horas, verificou-se que, por ocasião dos menores registros de umidade absoluta é que se estabeleciam as maiores diferenças entre o centro e o horto. Ora, as umidades absolutas mais baixas estão, comumente, associadas às temperaturas menores e, quando ocorriam os resfriamentos mais intensos é que a área central sobressaía-se, termicamente, em relação ao horto ou à periferia. Com maiores amplitudes é ativada a convergência em relação à cidade e, principalmente, ao centro e o vapor para lá é carregado.

No período da tarde os valores de umidade absoluta foram sempre maiores que os verificados pela manhã, pois o acréscimo térmico acelera o processo de evapotranspiração. Porém, para valores medidos entre os menores encontrados para o período, percebeu-se nítida graduação entre a

umidade absoluta encontrada na periferia ou no horto, a do bairro Bela Vista e a verificada no centro. Como os menores valores de umidade absoluta associam-se aos menores valores térmicos, constatou-se que, mesmo com diferenças de temperatura em torno de 1,0°C, faz-se a circulação área rural ou periférica-centro.

Com a elevação da umidade absoluta, concomitantemente à elevação da temperatura, o teor de vapor encontrado nos vários postos torna-se muito semelhante. A intensificação da "ilha térmica" ativa a célula de circulação local, que se encarrega de homogeneizar os valores da umidade absoluta, que, tal como os de temperatura, aparecem nos gráficos de regressão bem mais dispersos.

## CONCLUSÕES E PROPOSIÇÕES

Diante dos resultados alcançados pode-se concluir que:

a) o organismo urbano de Rio Claro parece constituir uma "ilha térmica" em relação à zona rural adjacente;

b) o centro da cidade, como decorrência da forma de ocupação do espaço, é a área que se destaca como a mais aquecida e há nítida gradação em direção aos bairros mais afastados;

c) as diferenças de temperatura entre a área central e a rural ou entre o centro e bairros periféricos não são constantes;

d) a "ilha térmica" é destacada, no período noturno, por ocasião das quedas de temperatura mais acentuadas, o que está de acordo com o já verificado em cidades de latitudes médias, principalmente européias, onde o processo de resfriamento é importante;

e) a "ilha térmica" é destacada também no período vespertino, por ocasião da atuação de sistemas atmosféricos que permitem elevadas temperaturas, propiciando amplitudes térmicas entre o centro e as áreas rural e periférica maiores do que as verificadas nas mensurações matinais, o que pode ser característica de centros urbanos das latitudes tropicais, onde o processo de aquecimento é mais importante do que o de resfriamento;

f) embora o centro possua umidade relativa menor do que as áreas em torno dele ou rural, a umidade absoluta ali é, freqüentemente, maior ou, pelo menos, equivalente aos valores encontrados nos outros locais;

g) o estudo da umidade absoluta levou ao reconhecimento da existência de uma célula de circulação local, estabelecida como decorrência da "ilha térmica" e que se torna mais ativa com o crescimento das amplitudes térmicas entre as áreas adjacentes;

h) durante o predomínio de tipos de tempo mais frios, quando as umidades absolutas são mais baixas, a concentração de vapor na atmosfera cresce da área rural ou da periferia em direção ao centro, tanto no período da manhã quanto no da tarde. Sob tais condições o ar frio convergente em direção ao centro da cidade, que está muitas vezes sob a influência de inversões térmicas, não tem facilitada sua convecção sobre o centro da

cidade e a circulação, no contexto da célula estabelecida, faz-se lentamente;

i) durante o predomínio de tipos de tempo quentes, com umidades absolutas mais altas, a concentração de vapor na atmosfera é semelhante desde a área rural até o centro da cidade. Em tais circunstâncias a célula circulatória estabelecida em função da "ilha térmica" é acelerada, com o ar convergindo em direção ao centro e ali submetendo-se à convecção termal. Em condições de estabilidade, após resfriar-se adiabaticamente, ele retorna à superfície sobre a área rural anexa à cidade. Com isso o vapor presente na atmosfera é distribuído pelos vários locais e os valores de umidade absoluta apresentam-se homogeneizados.

A experiência adquirida com a análise dos dados e com os resultados alcançados levou à elaboração das seguintes sugestões:

a) há necessidade da implantação de estudos de maior detalhe, levando em consideração as respostas do núcleo urbano e da área rural sob a ação de diferentes tipos de tempo, a exemplo dos trabalhos realizados por Tarifa (1977) e por Tavares e outros (1985), pois só dessa maneira poderão ser conhecidas em detalhes as diversas relações estabelecidas entre ambos;

b) o trabalho em questão precisaria ser preenchido com dados obtidos no verão, pois a "ilha térmica" foi colocada em evidência sob a ação de fortes aquecimentos, o que deve ser melhor estudado, pois pode ser característica de centros urbanos tropicais e, dessa forma, sem referência na literatura sobre cidades de latitudes médias;

c) a obtenção de dados referentes à zona rural, para comparações com a área urbana, deve também ser feita levando em consideração a diversidade do uso do solo;

d) outros perfis devem ser estabelecidos no contexto da área urbana, levando em consideração atributos não considerados aqui, como, por exemplo, a intensidade do trânsito de veículos por diferentes ruas da cidade.

## BIBLIOGRAFIA

- AUGUSTO, M. L. V. P. — *Moradores e Moradias na estrutura urbana de uma cidade média: Rio Claro — São Paulo*. Dissertação de Mestrado. IGCE — UNESP, Campus de Rio Claro, 1982.
- CHAGAS FILHO, E. — *Alterações climáticas em área urbana: o exemplo de Rio Claro — SP*. Estágio de Aperfeiçoamento, IGCE-UNESP, Campus de Rio Claro, 1981.
- CHANDLER, T. J. — London's urban climate. *Geog. Journ.*, 78, pp. 279-302, 1962.
- — *The climate of London*. London, Hutchinson, 1965.
- GEIGER, R. — *Manual de Climatologia. O clima da camada de ar junto ao solo*. Lisboa, Fundação Calouste Gulbenkian, 1961.
- GERARDI, L. H. O. e SILVA, B. C. N. — *Quantificação em Geografia*. DIFEL, 1981.
- JAUREGUI, O. E. — Las investigaciones sobre clima urbano y contaminación del aire en la República Federal de Alemania. *Boletín del Instituto de Geografía*, Universidad Nac. Autónoma de México, 5, pp. 71-79, 1974.
- MONTEIRO, C. A. F. — Teoria e Clima Urbano. *IGEOG-USP*, SP, 1976.

- MONTEIRO, C. A. F. e TARIFA, J. R. — Contribuição ao estudo do clima de Marabá: uma abordagem de campo subsidiária ao planejamento urbano. *Climatologia*, 1GEOG-USP, (7): 1-51, 1977.
- PAZERA Jr., E. — A ilha de calor da cidade: fatores e atributos. *Bol. Geográfico*, 34 (249), pp. 51-57, 1976.
- SPIEGEL, M. R. — *Estatística*. Ed. McGraw-Hill, RJ, 1979.
- TARIFA, J. R. — Análise comparativa de temperatura e umidade na área urbana e rural de São José dos Campos (SP) — Brasil. *Geografia*, 2 (4), pp. 59-80, 1977.
- TAVARES, A. C. — *O clima local de Campinas*. Dissertação de Mestrado. USP, São Paulo, 1975.
- TAVARES, A. C.; REYNALDO, N. A.; DONATTO, M. C. B. C. e CRUZ, M. P. — O uso da análise episódica na caracterização de aspectos topoclimáticos da Serra de Itaqueri — SP. *Boletim de Geografia*, Universidade Estadual de Maringá, 3 (3), pp. 84-108, 1985.
- TROPPEMAIR, H. — Estudo biogeográfico das áreas verdes de duas cidades médias do interior paulista: Piracicaba e Rio Claro, *Geografia*, 1 (1), pp. 63-87 1976.
- TUBELIS, A. e NASCIMENTO, F. J. L. — *Meteorologia Descritiva: Fundamentos e Aplicações Brasileiras*. Nobel, SP, 1980.

SUMMARY: *TEMPERATURES AND AIR HUMIDITY IN THE RIO CLARO TOWN*: — This work presents the analysis of the air temperature and air humidity in the Rio Claro town. The data have been collected at 4 stations located in the urban area and its vicinity, during 90 days, from the 18<sup>th</sup> April to 30<sup>th</sup> October 1980 and that at two periods: at 7:00 and 15:00 o'clock. Those data have been treated statistically and the results obtained enable to presume the existence of a "heat island" above the Rio Claro town and in terms of that, the existence of a local cell of circulation.