



AVALIAÇÃO DE CONFORTO TÉRMICO URBANO, COM BASE EM DADOS DE TEMPERATURA – UM ESTUDO DE CASO NA CIDADE DE MANAUS¹

João da Silva Carvalho², Rutenio Luiz Castro de Araujo³, Cristiano de Abreu Silva⁴ e Cisnea Menezes Basílio⁵

Submetido 02/11/2013 – Aceito 07/01/2014 – Publicado on-line 03/04/2014

Resumo

O monitoramento térmico ambiental foi realizado contemporaneamente em três locais distintos na cidade de Manaus, na forma de medidas de temperatura superficial e ambiental (1,0 metro acima da superfície) em quatro ambientes distintos: rua, local sem cobertura vegetal (LSC), local com cobertura vegetal (LCC) e interno (residência), em dois períodos (março e outubro) do ano de 2010, representativos dos períodos chuvoso e de estiagem. As medidas foram realizadas por um período de 24 horas, com espaçamento de 4 horas. Os resultados mostram a grande importância ambiental da cobertura vegetal, quer pela contribuição no arrefecimento da temperatura como no equilíbrio térmico. Entre os ambientes investigados, o interno (residência) mostrou comumente maior estabilidade térmica (variação de 0,7 °C para as temperaturas ambientes e de 0,2 °C para as superficiais), enquanto que as maiores variações de temperaturas ocorreram no ambiente Rua (superficiais). As medidas ambientais externas e em exposição direta, são mais suscetíveis às mudanças de tempo como às variações devidas a sazonalidade.

Palavras-Chave: Monitoramento térmico, Temperatura, Cobertura vegetal.

Abstract

The thermal environmental monitoring was conducted in three separate locations in the city of Manaus, where we performed measurements of surface temperature and environmental (sensor to 1.0 meters above the surface) in four environments: street, local without vegetation (LSC), local vegetation cover (LCC) and internal (home), twice a year (March and October), representative of the rainy and dry seasons. The measurements were performed over a period of 24 hours, spaced 4 hours. In general, the results show the importance of vegetation in thermal equilibrium, both for its contribution to the cooling temperature as the thermal equilibrium. Among the investigated internal environments showed improved thermal stability (ranging from 0.7 °C to ambient temperatures and 0.2 °C for the surface), whereas the highest temperature variations occurred at Street (surface). Environmental measures and external direct exposure, are more susceptible to changes in both time and seasonal variations.

Key-words: Thermal monitoring, Temperature, Vegetation coverage.

¹ Projeto de pesquisa do primeiro autor

² Professor Adjunto do Departamento de Geociências - ICE da Universidade Federal do Amazonas, Av. Gal. Rodrigo Octávio, 3.000, Coroado II, Manaus, Amazonas. jscarvalho@ufam.edu.br

³ Professor Titular do Departamento de Geociências - ICE da Universidade Federal do Amazonas, Av. Gal. Rodrigo Octávio, 3.000, Coroado II, Manaus, Amazonas. ruie@ufam.edu.br

⁴ Geólogo formado pelo Curso de Geologia da UFAM, kuri_182@yahoo.com.br

⁵ Geóloga formada pelo Curso de Geologia da UFAM, cisnea_geo@hotmail.com

1. Introdução

A cidade de Manaus, capital do estado do Amazonas, está localizada na região norte do Brasil e instalada na margem esquerda do rio Negro (Figura 1). Está inserida no interior da maior floresta tropical e da maior rede hidrográfica do planeta, sendo cortada por diversos cursos d'água (igarapés), afluentes dos rios Negro e Amazonas, que se encaixam em vales controlados por lineamentos tectônicos, os quais promoveram uma forte dissecação do relevo, configurando um cenário de colinas e vales, com cotas variando entre 20 e 100 metros (SILVA, 2005).

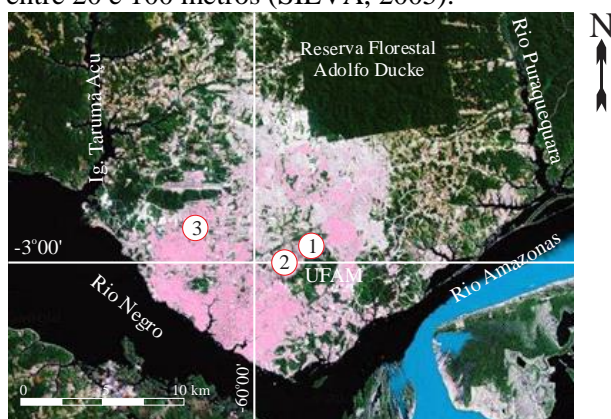


Figura 1 – Imagem de satélite mostrando a localização dos locais de investigação (1 – Conj. Acariquara. 2 – Conj. Ouro Verde e 3 – Bairro Alvorada) na cidade de Manaus. Fonte: INPE

A caracterização geológica dessa região é marcada pelo domínio de exposições de rochas sedimentares da Formação Alter do Chão, de idade neocretácea (CAPUTO *et al.*, 1972; DAEMON e CONTREIRAS, 1972; CUNHA *et al.*, 1994, 2007), que é constituída de arenitos finos a médios, vermelhos, argilosos, caulínticos, inconsolidados, contendo grânulos de seixos de quartzo esparsos, geralmente com estratificação cruzada. Os níveis conglomeráticos são formados por seixos de quartzo e arenito silicificado e ocupam paleocanais na base de bancos de arenito (SILVA, 2005).

Conforme dados do INMET, o clima preponderante na região de Manaus é o tipo Equatorial Quente e Úmido (enquadrado no tipo “Af” de Köppen), com temperatura média da ordem de 27°C, tendo variações anuais em torno de 5°C, o que configura um regime de isotermia. O volume anual de chuva é, em média, da ordem de 2.300 mm, distribuídas em duas estações distintas, sendo uma chuvosa (de novembro a maio) e outra considerada seca (de junho a outubro). Verifica-se

a ocorrência de chuva durante praticamente todo o ano, com precipitação superior a 60 mm no mês mais seco (agosto), chegando a mais de 500 mm no mês mais chuvoso (normalmente março e abril). Em média, a umidade relativa do ar é de 83%, com insolação anual estimada em 1784 horas. O total anual de evaporação é da ordem 818 mm, sendo a contribuição da evapotranspiração pela floresta estimada em 4,1 mm/dia (FERREIRA *et al.*, 2005). A amplitude total de variação do nível do rio Negro, em Manaus e para o período de 1901 a 2012, é de 16,34 m, com mínima registrada no mês de outubro de 2010 (13,63 m) e a máxima em junho de 2012 (29,97 m), conforme dados da Agência Nacional de Águas (ANA).

2. Objetivos

O principal objetivo deste trabalho foi a realização de um monitoramento do comportamento térmico de quatro ambientes urbanos, não climatizados, a que estão submetidos cotidianamente os moradores da cidade de Manaus, com vistas a uma avaliação da questão do conforto térmico.

3. Justificativa

A cidade de Manaus está submetida a um clima preponderantemente do tipo Equatorial Quente e Úmido, com características de regime de isotermia, onde anualmente a temperatura média compensada é de 26,7 °C, com variações em torno de 5 °C. Sazonalmente essas variações climáticas distingue duas estações bem marcantes, sendo uma bastante chuvosa (de novembro a maio), quando a temperatura média anual é de 27,1 °C, e outra menos chuvosa (junho a outubro), com temperatura média anual de 26,2 °C (INMET). Portanto, em termos de valores médios anuais, as temperaturas na região de Manaus são, em geral elevadas, o que resulta em uma sensação de desconforto térmico para os habitantes locais e, mais ainda, para os oriundos de regiões de clima mais ameno. Dessa forma, esse trabalho, ainda que com dados de apenas um ano climatológico, pretende contribuir para mostrar essa realidade, enfatizando a questão da elevada estabilidade das temperaturas diárias e sazonais, como um fator que pode minimizar os impactos sobre os seres humanos.

4. Conforto/desconforto térmico humano



Fundamentalmente decorrente de seu posicionamento no contexto do sistema solar, de seus movimentos (orbital e rotacional, principalmente) e da declividade do eixo de rotação, o planeta Terra apresenta, ao longo de toda sua superfície, diferentes situações climáticas, variando desde regiões de clima muito frio, a exemplo das regiões circumpolares, a muito quentes, notadamente nas regiões áridas ou desérticas. Basicamente, essas diferenças climáticas decorrem das diferenças na radiação solar incidente sobre a superfície do planeta, sendo essa fortemente influenciada pela latitude. Dessa forma, a permanência dos seres vivos sobre a superfície desse planeta, depende muito de suas capacidades de adaptação ao ambiente, como também às variações climáticas sazonais, principalmente.

Além de sua tendência fortemente cosmopolitana, o homem é um animal homeotérmico (FROTA e SCHIFFER, 2003), no qual os mecanismos fisiológicos realizam o balanceamento natural de produção e perda de calor metabólico, responsáveis pela manutenção da temperatura interna de seu organismo relativamente constante (da ordem de 37° C). Assim, devido a essas características, é necessária a busca de alternativas para adaptação às diferentes condições ambientais que se apresentam, da forma mais confortável possível, não apenas para sua convivência, como para sua sobrevivência nos ambientes mais ínvios, devido, principalmente, às dificuldades para obtenção de alimentos.

No que concerne à temperatura, a adaptação equilibrada do organismo (corpo) humano ao ambiente é o que se denomina de *conforto térmico humano* (FROTA e SCHIFFER, 2003). Esse condicionamento depende da produção de calor metabólico pelo corpo humano, como resposta fisiológica do organismo aos efeitos dos fatores ambientais, que por sua vez são governados por processos físicos, como convecção, radiação, evaporação e, eventualmente, condução. Além da temperatura (radiante e do ar), outros fatores físicos também são importantes para essa condição de conforto térmico, como a umidade relativa, pressão barométrica, calor irradiado pelos corpos vizinhos e velocidade do vento, além de variáveis concernentes ao indivíduo (pessoa), como estado de repouso ou atividade, peso, superfície e tipo de vestimenta que o mesmo estiver usando (INMET, ASHRAE Standard 55-2004). O efeito conjugado de todos esses fatores é

que definirá o grau de conforto ou desconforto térmico sentido pelas pessoas.

Ainda nesse contexto, um ambiente é considerado confortável quando se encontra em equilíbrio térmico com o organismo humano, permitindo assim a manutenção da temperatura interna do corpo, sem a necessidade de se recorrer a mecanismos termorreguladores, quer para aumentar (ganho) como para diminuir (perda) o calor corporal.

O excesso de calor ou de frio afeta o bem-estar, causa alterações das reações psicossensoriais, a debilitação do estado geral de saúde e exercem influências significativas no desempenho das pessoas, causando, entre outros efeitos, sintomas de inquietação e perda de concentração. Nesses casos, em que as trocas de calor entre o corpo e o meio ambiente são prejudicadas, diz-se que o estado psicofisiológico a que está submetida uma pessoa é de estresse térmico. A permanência mais prolongada nessas condições adversas pode facilitar a incidência de doenças mais complexas, como diabetes e problemas respiratórios e cardiovasculares.

Em se tratando de ambiente urbano, o clima local é fortemente influenciado pela interferência do homem sobre a natureza, o qual provoca condições diferenciadas de conforto/desconforto térmico, produz resíduos poluentes que contaminam o ar, a água e o solo, promove o desflorestamento e facilita o processo de erosão e assoreamento, culminando com desmoronamentos de vertentes, inundações, etc. (LOMBARDO, 1985). Essas condições climáticas urbanas inadequadas são responsáveis pela diminuição da qualidade de vida e incentiva o aumento no aporte de energia para o condicionamento térmico das edificações (LAMBERTS *et al.*, 1997).

Quando do planejamento do ambiente urbano, é fundamental que se pense uma arquitetura que se avie medidas cabíveis para amenizar as condições de desconforto, inerentes ao processo construtivo e de ocupação do espaço. Para esse fim, muitas vezes é necessário fazer uso de recursos de conforto na própria natureza, tais como o aumento da ventilação natural e da vegetação, recursos esses de grande eficiência na mitigação do impacto produzido pelo ambiente urbano, gerando melhores condições de conforto e redução do consumo energético, melhorando assim a qualidade ambiental das cidades (SILVA *et al.*, 2011; ROSSI *et al.*, 2012).



Além de sua função estética, a vegetação exerce diversas outras funções, como a de absorver e refletir boa parte da radiação incidente, gerar sombreamento, proteger e promove a melhoria dos recursos naturais, amenizar ruídos, influenciar na direção do vento, além de sua função primordial, que é a de promover a melhoria da qualidade do ar urbano, por meio de sua ação metabólica de absorver o gás carbônico da atmosfera e liberar oxigênio (MILANO, 1987; MASCARÓ e MASCARÓ, 2009). Durante o processo de evapotranspiração, as plantas absorvem calor e, assim, contribuem para a diminuição da temperatura local, nas horas mais críticas. Como resultado, a arborização interfere positivamente no bem estar do ser humano, proporcionando maior conforto para o lazer e diversão (OLIVEIRA, 2008; SHAMS *et al.*, 2009). Todavia, é conhecido que, a partir de determinada temperatura (estimada em 25 °C por DIMOUDI e SILVA *et al.*, 2011), a vegetação deixa de contribuir com a evapotranspiração, pois seus estômatos vão se fechando à medida que a temperatura se eleva e a velocidade do vento aumenta, evitando a perda de água para o meio.

5. Materiais e Métodos

A realização deste trabalho foi fundamentalmente baseada em observações acerca da temperatura em três locais distintos, na cidade de Manaus, nos quais foram efetuadas medidas de temperatura, em quatro ambientes distintos, sendo: rua pavimentada (com asfalto), ambiente interno (residência), ambiente de solo exposto (sem proteção vegetal - LSC) e outro protegido por vegetação (LCC). As medidas de temperatura foram obtidas por meio de termômetros digitais do Laboratório de Geofísica da UFAM, modelo Salvterm 120, dotados de sonda de penetração e com precisão de décimo de grau. Nesses ambientes selecionados foram efetuadas duas medidas, sendo uma com o sensor posicionado a um metro acima da superfície (admitida como referente à temperatura ambiente) e outra com o sensor em contato com a superfície (solo ou piso). Nas residências de dois pisos, as medidas internas foram efetuadas no térreo. O levantamento constou de duas campanhas de monitoramento (04/05 de março de 2010 e 09/10 de outubro de 2010), representativos do período chuvoso e de estiagem, respectivamente. Nessas campanhas foram realizadas medidas durante um período de 24 horas, com intervalo médio de quatro horas,

respectivamente nos horários de 06:00, 10:00, 12:00, 14:00, 18:00, 22:00, 02:00 e 06:00 horas. As medidas efetuadas no horário de 12:00 horas foram adotadas com o fim de melhor caracterizar o pico máximo de temperatura.

As medidas nos ambientes pavimentado (asfaltado) e solo sem proteção, foram realizadas em área desprovida de obstáculos à incidência da radiação solar direta, enquanto que, no local de solo protegido, optou-se por ambiente com vegetação bosqueada, mas de copa naturalmente fechada o que permite a circulação parcial de massas de ar. Para o ambiente interno (interior da residência), foram escolhidos locais com paredes em alvenaria, com forro ou laje, ventilados (portas e janelas), com revestimento cerâmico no piso (térreo).

Os locais investigados neste levantamento, no âmbito da cidade de Manaus, localizam-se nos bairros Alvorada (Zona Centro-Oeste) e Coroadó (um no conjunto residencial Ouro Verde e outro no Acariquara), na Zona Leste. Todas as residências escolhidas localizam-se em rua asfaltada, quintal arborizado, piso cerâmico e são construídas em alvenaria, sendo que, no bairro Alvorada e Ouro Verde possuem laje e no Acariquara é forrada com material PVC, coberta com telha de fibro-cimento. Esta residência faz limite com a reserva florestal do Campus da UFAM, que constitui uma extensa área de vegetação preservada (6,7 km²), sendo considerada como o maior fragmento verde em área urbana do Brasil (e o terceiro maior do mundo).

6. Resultados e Discussão

6.1. Levantamento realizado em março de 2010

O monitoramento foi realizado nos três locais selecionados (Alvorada, Ouro Verde e Acariquara), com medidas efetuadas desde às 06:00 horas do dia 04.03.2010 às 06:00 horas do dia 05.03.2010, com intervalo de 4 horas, e consistiu de duas medidas de temperatura (superfície e ambiente) nos quatro ambientes selecionados (rua, interno, local com cobertura vegetal – LCC e local sem cobertura vegetal – LSC).

6.1.1. Levantamento no Bairro Alvorada

Os resultados desse levantamento, na forma de medidas de temperatura (°C) ambiente e superficial, são apresentados nas figuras 2 e 3.

Em conformidade com esses resultados, verifica-se que, para as medidas de temperaturas

ambientes (Figura 2), os valores mais elevados ocorreram no horário de 14:00 horas, sendo de 37,3 °C para o LSC, 36,8 °C para o ambiente Rua, 34,6 °C para o LCC e 33,7 °C para o ambiente Interno. Os menores valores ocorreram no horário de 06:00 horas, sendo: LSC (25,7 °C), LCC (25,9 °C), Rua (28,1 °C) e Interno (27,1 °C). A melhor estabilidade térmica foi observada no ambiente Interno, com variação de 6,6 °C, enquanto que a maior variação ocorreu no ambiente LSC (11,6 °C). Nos ambientes rua e LCC a variação foi de 8,7 °C.

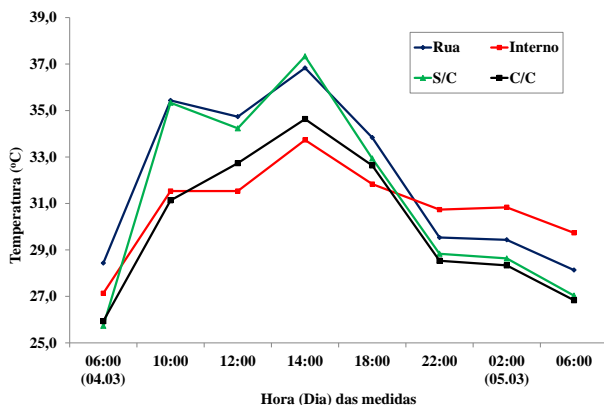


Figura 2 - Comportamento das temperaturas ambientais, para os diversos ambientes investigados no monitoramento realizado no bairro Alvorada, no período de 04 a 05.03.2010.

Para as medidas de temperaturas superficiais (Figura 3), ao longo de todo o período de investigação, os valores mais elevadas ocorreram entre 12:00 e 14:00 horas, sendo maior no ambiente Rua, com 52,8 °C. Nos ambientes LSC e LCC, os máximos observados foram de 40,4 °C e 31,7 °C, respectivamente. Os valores de temperatura mais baixos foram observados no horário das 06:00 horas, sendo de 25,9 °C no LSC, 26,3 °C no LCC e 27,1 °C no ambiente Rua. Neste levantamento não foram efetuadas medidas superficiais no ambiente Interno (residência). A maior estabilidade foi observada no LCC (variação de 5,5 °C), enquanto que variaram de 14,5 °C no LSC e 25,7 °C no ambiente Rua, sendo esta a maior variação observada.

6.1.2. Levantamento no conjunto residencial Ouro Verde (bairro Coroadó)

Os resultados obtidos neste local são mostrados nas figuras 4 e 5, correspondentes às medidas de temperatura ambiental e superficial, para os diversos ambientes investigados (Rua, LCC, LSC e interno).

Conforme a Figura 4, para as medidas de temperaturas ambientais obtidas no local Ouro Verde (Coroadó), os valores mais elevadas foram observadas entre os horários de 12:00 às 14:00 horas, sendo maior no ambiente LSC (37,7 °C), enquanto a menor temperatura (25,1 °C) ocorreu às 06:00 horas nos ambientes Rua e LSC. A maior variação foi observada no ambiente LSC (12,6 °C) e as temperaturas mais estáveis referem-se ao ambiente interno, com 5,8 °C.

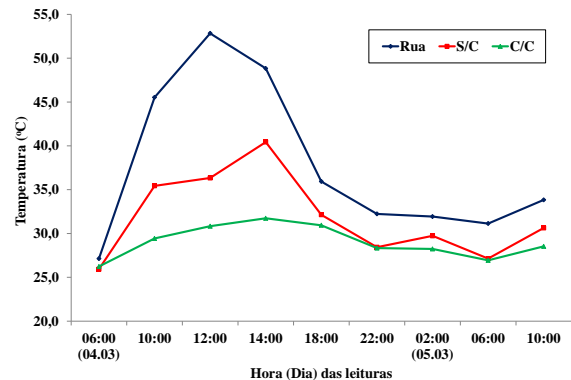


Figura 3 - Comportamento das temperaturas superficiais, para os diversos ambientes investigados no monitoramento realizado no bairro Alvorada, no período de 04 a 05.03.2010.

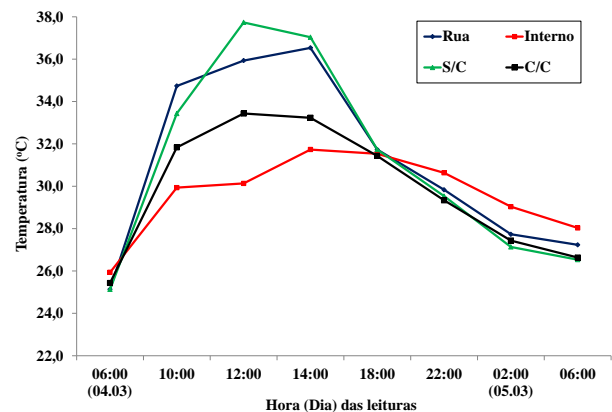


Figura 4 - Comportamento das temperaturas ambientais, para os diversos ambientes investigados no monitoramento realizado no local Ouro Verde (Coroadó), no período de 04 a 05.03.2010.

Para as medidas superficiais (Figura 5), as temperaturas mais elevadas ocorreram predominantemente entre 12:00 e 14:00 horas, sendo que, curiosamente, no ambiente interno, o máximo valor observado, nesse período (29,7 °C), ocorreu no horário das 22:00 horas.

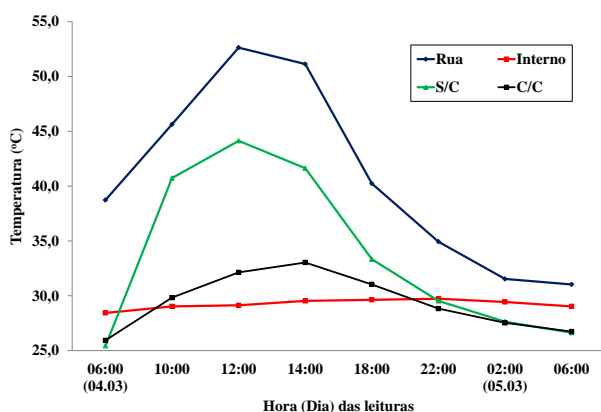


Figura 5 - Comportamento das temperaturas superficiais, para os diversos ambientes investigados no monitoramento realizado no local Ouro Verde (Coroado), no período de 04 a 05.03.2010.

Nesse local, as temperaturas máximas ocorreram predominantemente às 14:00 horas, enquanto que as mínimas às 06:00 horas. Para as medidas de temperatura ambiental (Figura 6), os valores mais estáveis ocorreram no ambiente interno, com variação de 5,8 °C (de 26,9 °C a 32,7 °C) e a maior variação ocorreu no LSC (11,7 °C).

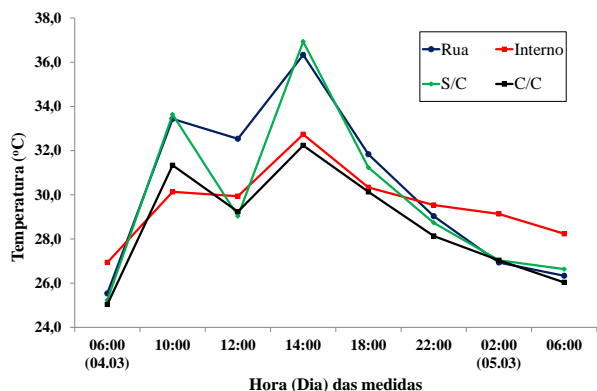


Figura 6 - Comportamento das temperaturas ambientais, para os diversos ambientes investigados no monitoramento realizado no Conjunto Acariquara, no período de 04 a 05.03.2010.

Para as temperaturas superficiais (Figura 7) os valores mais estáveis ocorreram no ambiente LCC, com variação de 2,2 °C (de 25,7 °C a 27,9 °C) e a maior variação (23,3 °C) foi observada no ambiente rua, onde ocorreu a máxima temperatura (50,9°C), no horário de 14:00 horas.

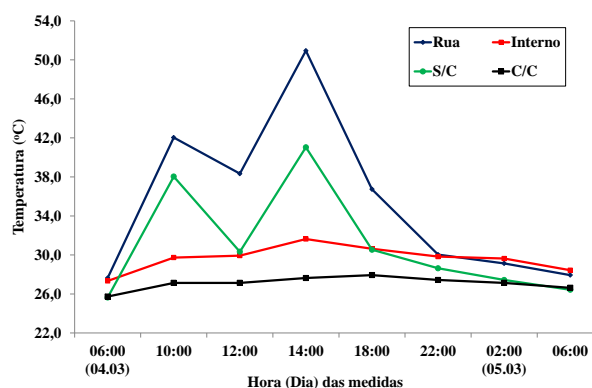


Figura 7 - Comportamento das temperaturas superficiais, para os diversos ambientes investigados no monitoramento realizado no Conjunto Acariquara, no período de 04 a 05.03.2010.

De um modo geral, os maiores valores de temperatura observados (entre 12:00 e 14:00 horas), decorrem da maior incidência da radiação solar, cujo pico se deu por volta das 13:00 horas. Por outro lado, os menores valores (que invariavelmente ocorreram somente por volta de 06:00 horas), são devidos ao processo de dissipação gradativa da energia acumulada durante o período de insolação (dia). A partir desse horário retoma ocorre a retomada do aquecimento gradativo pelo processo de insolação.

Percebe-se, como esperado, que as temperaturas ambientais (acima da superfície) são fortemente influenciadas pelas condições de tempo.

6.2. Monitoramento realizado em outubro de 2010

Esse levantamento foi realizado nos dias 10 e 11 de outubro de 2010, compreendendo medidas de temperatura ambiente e superficial, realizadas nos horários de 06:00, 10:00, 12:00, 14:00, 18:00 e 22:00 do dia 11.10.2010, nos mesmos locais e seguindo os mesmos procedimentos anteriormente citados.

6.2.1. Levantamento no Bairro Alvorada

Os resultados das medidas de temperatura ambiente e superficial são apresentados nas figuras 8 e 9, relativos aos diversos ambientes monitorados.

Conforme mostrado na Figura 8, os valores de temperaturas ambientes mais elevados foram observados no horário de 12:00 horas, sendo de

36,8 °C para ambiente rua, 35,5 °C para o LSC, 34,0°C para o LCC e 32,6 °C para o ambiente interno. Os menores valores ocorreram entre os horários de 02:00 e 06:00 horas, sendo menor no LSC (25,8 °C) e maior no ambiente interno (27,8 °C). A menor variação (4,8 °C) foi observada no ambiente interno e a maior se verificou no ambiente rua (10,6 °C). As temperaturas médias oscilaram entre 28,7 °C (LCC) e 30,1 °C no ambiente Rua, com variação das médias de 1,4 °C.

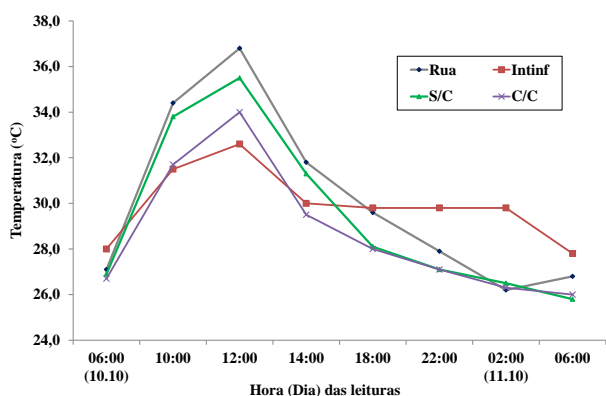


Figura 8 - Comportamento das temperaturas ambientais, para os diversos ambientes investigados no monitoramento realizado no bairro Alvorada, no período de 10 a 11.10.2010.

Para as medidas de temperaturas superficiais (Figura 9) os valores mais elevados ocorreram no ambiente Rua (máxima de 57,0 °C), com maior estabilidade no local LCC (variação de 6,5 °C). Não foram efetuadas medidas de temperatura superficial no ambiente interno. Em termos de temperaturas médias, verificou-se uma variação de 9,3 °C (oscilação entre 28,6 a 37,9 °C).

6.2.2. Levantamento no conjunto residencial Ouro Verde (bairro Coroado)

Os resultados obtidos são mostrados nas figuras 10 e 11, para medidas de temperaturas ambiental e superficial, nos diversos ambientes.

Conforme os resultados das medidas de temperatura ambientes (Gráfico 9), verifica-se uma variação superior a 12 °C, sendo máximas no horário de 12:00 horas para os ambiente Rua e sem cobertura (12,3 °C), e mínima para o ambiente interno (5,2 °C). As temperaturas mínimas foram observadas no horário das 06:00 horas, sendo menor (25,20 °C) nos ambientes LCC e LSC, e maior (27,10 °C) no ambiente Interno, que se caracterizou como o ambiente mais estável, com variação de 5,2 °C.

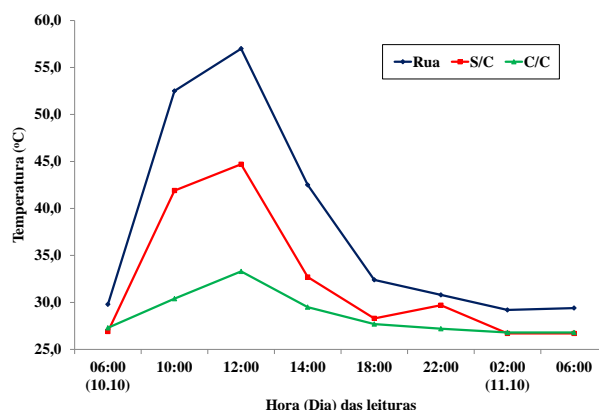


Figura 9 - Comportamento das temperaturas superficiais, para os diversos ambientes investigados no monitoramento realizado no bairro Alvorada, no período de 10 a 11.10.2010.

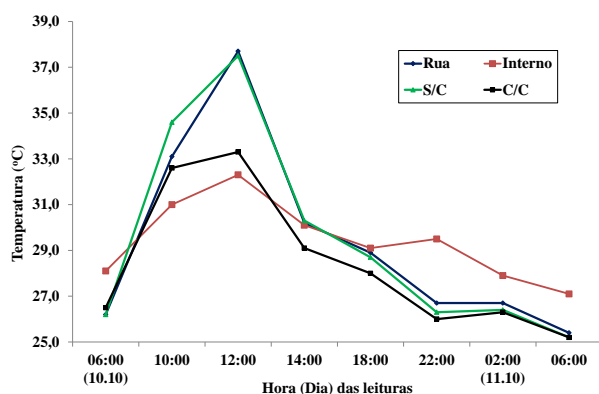


Figura 10 - Comportamento das temperaturas ambientais, para os diversos ambientes investigados no monitoramento realizado no conjunto Ouro Verde (Coroado), no período de 10 a 11.10.2010.

Para as medidas de temperaturas superficiais (Figura 11), todavia, as variações foram significativamente maiores (da ordem de 25 °C). Para o LCC a variação foi de 6,7 °C, enquanto que o ambiente Interno apresentou-se mais estável, com variação de 2,00 °C, ainda que a média das temperatura tenha sido elevada (29,80 °C). As temperaturas máximas foram predominantes no horário das 12:00 horas, sendo maior nos ambientes Rua e LSC, respectivamente com 54,60 °C e 52,80 °C. As mínimas predominaram no horário das 06:00 horas, sendo menor no ambiente LCC (26,10 °C) e maior no ambiente Rua (29,80 °C).

6.2.3. Levantamento no conjunto residencial Acariquara (bairro Coroado)

Os resultados das medidas de temperatura ambiente (1,0 m acima da superfície) e superficial são mostrados nas figuras 12 e 13. Conforme esses resultados, os valores mais elevados de temperatura foram observados no horário de 12:00 horas, para todos os ambientes, enquanto que os menores valores de temperatura ocorreram entre 22:00 e 06:00 horas do dia seguinte, a depender do ambiente.

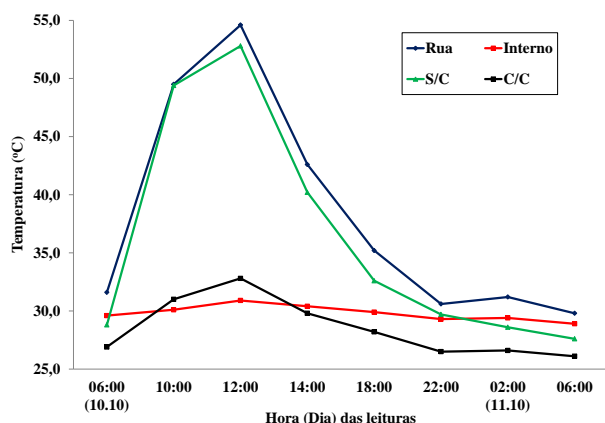


Figura 11 - Comportamento das temperaturas superficiais, para os diversos ambientes investigados no monitoramento realizado no conjunto Ouro Verde (Coroado), no período de 10 a 11.10.2010.

No caso das medidas de temperatura ambiente (Figura 12), a temperatura mais elevada (35,40 °C) foi observada no ambiente LSC e a menor (21,30 °C) no ambiente Rua. A maior variação térmica ocorreu no ambiente Rua, com 13,80°C (de 21,30°C a 35,10 °C) e a maior estabilidade (6,50°C) no ambiente interno, com oscilação de 26,10°C a 32,60°C.

Para as medidas de temperaturas superficiais (Figura 13), a maior variação ocorreu, também, no ambiente Rua (24,0 °C), seguido do LSC (16,50 °C), enquanto que o ambiente mais estável foi o LCC (4,70 °C). A temperatura mais elevada, neste caso, ocorreu no ambiente Rua (51,20 °C) e a mais baixa (24,30 °C), no LCC, com oscilação de 24,30 °C a 29,00 °C.

Quanto às temperaturas no ambiente interno, considerando as três residências investigadas, verificou-se que a temperatura ambiente média em março de 2010, foi de 30,1 °C, enquanto que em outubro de 2010 foi de 29,4 °C, com média entre os dois períodos de 29,75 °C e diferença de 0,7 °C (sendo maior em março). No

caso da temperatura superficial interna média, em março de 2010 foi de 29,45 °C, enquanto que em outubro de 2010 foi de 29,65 °C, com média entre os dois levantamentos de 29,55°C e diferença de 0,2 °C (sendo menor em outubro).

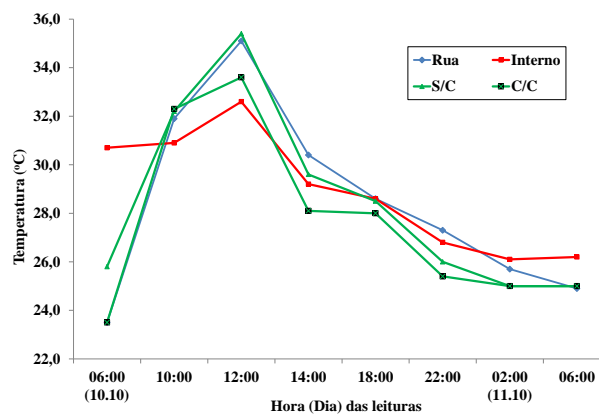


Figura 12 - Comportamento das temperaturas ambientais, para os diversos ambientes investigados no monitoramento realizado no conjunto Acariquara (Coroado), no período de 10 a 11.10.2010.

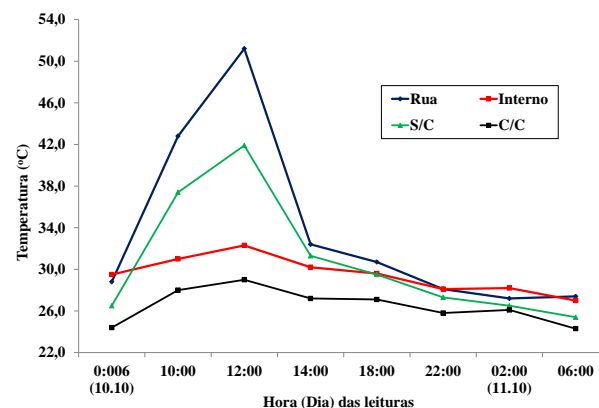


Figura 13 - Comportamento das temperaturas superficiais, para os diversos ambientes investigados no monitoramento realizado no conjunto Acariquara (Coroado), no período de 10 a 11.10.2010.

Neste levantamento, os maiores valores de temperatura, da mesma forma associados à maior incidência da radiação solar, foram observados por volta das 12:00 horas, portanto antecipado em relação ao levantamento efetuado em março. De modo análogo, as temperaturas mínimas também aconteceram de forma antecipada (os menores valores foram observados entre 02:00 e 06:00 horas).

Neste caso (medidas de temperaturas superficiais) verifica-se, também, além da proteção por vegetação ou construção, a grande dependência



das características superficiais (tipo de material – solo ou pavimento).

7. Conclusão

Os resultados observados nesses levantamentos de monitoramento térmico ambiental permitiram concluir que:

1. Entre os ambientes investigados, o que apresentou maior estabilidade, em ambos os levantamentos (março e outubro) foi o Interno (residência), sendo que, no entanto, mostrou valores médios relativamente elevados - inclusive nos horários noturnos (sem radiação direta) - considerando ser esse o ambiente de convivência (descanso) dos ocupantes. De um modo geral, as médias das temperaturas ambiente e superficial no ambiente interno foram bastante estáveis (variação de 0,7 °C para as temperaturas ambientes e de 0,2 °C para as superficiais), tendo apresentado ainda, como característica, o fato de as médias das temperaturas ambientes em março (período chuvoso) terem sido ligeiramente superiores que em outubro, ao contrário das temperaturas superficiais, cujas médias foram ligeiramente inferiores em outubro. Esse comportamento deve-se ao fato de os ambientes residenciais internos investigados, construídos em alvenaria, terem a capacidade de armazenar energia térmica durante o período de maior insolação, ao mesmo tempo em que a dissipação se processa de forma bastante lenta.

2. De um modo geral, as maiores variações de temperaturas superficiais ocorreram no ambiente Rua, devido suas características físicas (pavimentação asfáltica) que, além de absorver mais energia térmica produzida pela insolação direta, é menos influenciado por variações bruscas de tempo. Ao contrário, as temperaturas ambientes (a 1,0 m acima da superfície), são mais susceptíveis a essas mudanças de tempo, como os efeitos produzidos por ventos, sombreamento por nuvens e chuvas ocasionais, notadamente nos locais abertos. De modo análogo, como esperado, quer as temperaturas como suas variações, foram comumente maiores no mês de outubro que no mês de março de 2010, sendo esse fato relacionado fundamentalmente à sazonalidade climática.

3. De todos os ambientes investigados, o LCC mostrou-se mais confortável em termos de intensidade de temperatura e, entre os locais investigados, o Conjunto Acariquara mostrou temperaturas mais amenas, relacionadas às características da cobertura vegetal ser mais

efetiva, além da influência da reserva florestal do Campus da UFAM.

4. Sendo os três locais de investigação inseridos no contexto da mesma unidade litoestratigráfica e com características litológica e textural idênticas, não foi possível estabelecer correlações de variações de temperatura (mesmo as superficiais) com os aspectos litológicos.

5. Conforme resultados de estudos desenvolvidos junto ao Laboratório de Geofísica da UFAM (GOMES et al., 2010), referentes a um estudo de monitoramento geotérmico realizado na área do Campus Universitário da UFAM (Manaus) durante o ano de 2009, a maior média mensal superficial observada para um local protegido por vegetação ocorreu no horário de 13:00 horas, no mês de outubro, com valor da ordem de 28,66 °C, enquanto que o menor ocorreu em fevereiro, sendo da ordem de 25,44 °C, com variação da ordem de 3,22 °C. Para um local desprotegido com vegetação, no entanto, a maior média superficial ocorreu no mês de setembro (38,42 °C) e a menor em janeiro (28,71 °C), com variação da ordem de 9,71°C. Esses autores observaram, também, que as temperaturas (médias mensais), a 1,0 metro de profundidade, variaram de 1,51 °C (25,67 °C em março a 26,82 °C em outubro) para o local LCC, enquanto que, no LSC, variaram de 3,31 °C (26,67 °C em fevereiro a 29,98 °C em setembro). Esses resultados mostram, de forma inequívoca, a grande importância da cobertura vegetal no equilíbrio térmico, quer pela sua contribuição no arrefecimento da temperatura como no equilíbrio térmico.

Agradecimentos

Agradecemos à Fundação de Ampara à Pesquisa do Estado do Amazonas (FAPEAM) pelos recursos financeiros que possibilitaram a realização desta pesquisa, à Universidade Federal do Amazonas, através do Laboratório de Geofísica (DEGEO/ICE), pela estrutura, assim como a todos que contribuíram, de forma direta ou indireta para a realização deste trabalho.

Divulgação

Este artigo é inédito e não está sendo considerado para qualquer outra publicação. O(s) autor(es) e revisores não relataram qualquer conflito de interesse durante a sua avaliação. Logo, a revista *Scientia Amazonia* detém os direitos autorais, tem a aprovação e a permissão dos



autores para divulgação, deste artigo, por meio eletrônico.

Referências

CAPUTO, M.V.; RODRIGUES, R. e VASCONCELOS, D.N.N. *Nomenclatura estratigráficas da Bacia do Amazonas – histórico e atualização*, 3, Belém (PA), In: **Congr. Bras. Geologia**, SBG, p.36 - 46, 1972.

CUNHA, P.R.C; GONZAGA, F. G; COUTINHO, L. F. C. e FEIJÓ, F. J. Bacia do Amazonas, **Boletim de Geociências da Petrobrás**, Rio de Janeiro (RJ), 8(1): 47-55, 1994.

CUNHA, P.R.C.; MELO, J.H.G. e SILVA, O.B. Bacia do Amazonas. **Boletim de Geociências da Petrobrás**, 15(2.): 227-251, 2007.

DAEMON, R.F. e CONTREIRAS, C.J.A. Zoneamento palinológico da Bacia do Amazonas. In: **25º Congresso Brasileiro de Geologia**, SBG, São Paulo, 3: 79-88, 1972.

FERREIRA, S.J.; LUIZÃO, F.J. e DALLAROSA, R.L. G. Precipitação interna e interceptação em floresta de terra firme submetida à extração seletiva de madeira na Amazônia Central. **Acta Amazônica**, 35(1):55-62, 2005.

FROTA, A.B. E SCHIFFER, S.R. Manual de Conforto Térmico: Arquitetura e Urbanismo, 7ª. Edição, Studio Nobel, São Paulo, 2003. 243p. ISBN 85-85445-39-4

GOMES, P.G.B. ; SILVA, E.O. ; ARAUJO, R. L. C. Medidas de Fluxo Geotermal Raso em Ambientes Com e Sem Cobertura Vegetal Superficial na Cidade de Manaus-AM. In: **IV Simpósio Brasileiro de Geofísica**, 2010, Brasília, SBGf, Versão digital (SBGf 2153), 2010.

LAMBERTS, R. et al..Building Bioclimatology in Brazil. In: **14 th International Conference on Passive and Low Energy Architecture**. PLEA 97, Kushiro, Japan. Proceedings..., p. 203-208, 1997.

LOMBARDO, M. A. Ilhas de calor nas metrópoles: o exemplo de São Paulo. São Paulo: Hucitec. 1985, 244p.

LUIZÃO, F.J. e VASCONCELOS, H.L. Floresta Tropical Úmida (Manaus). **Boletim Técnico da CEPLAC** 71:1-13, disponível em: <http://www.miniweb.com.br/geografia/artigos/vegetação/port_site01.pdf,>. Acesso: 12.12.2012.

MASCARÓ, L. e MASCARÓ, J.J. *Ambiência Urbana*. 3a. ed. Porto Alegre, Masquatro, 2009, 200p. ISBN 978-85-99897-05-8

MILANO, M. S. Planejamento e replanejamento de arborização de ruas. In: **Encontro Nacional sobre Arborização Urbana**, Maringá. Anais... v.2, p. 1-8, 1987.

OLIVEIRA, A. G. Avaliação das temperaturas superficiais do solo em relação à conformação urbana existente na praça do Aeroporto Marechal Rondon em Várzea Grande/MT. **Dissertação de Mestrado**, Programa de Pós-Graduação em Física do Meio Ambiente da Universidade Federal do Mato Grosso, Cuiabá, 80p. 2008.

ROSSI, F. A., KRÜGER, E. L. e BRÖDE, P. Definição de faixas de conforto e desconforto térmico para espaços abertos em Curitiba, PR, com o índice UTCI. **Ambient. constr.** v.12, n.1, p.41-59. ISSN 1678-862, 2012.

SHAMS, J. C. A; GIACOMELI, D. C; SUCOMINE, N. M. Emprego da Arborização na Melhoria do Conforto Térmico nos Espaços Livres Públicos. Piracicaba: **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, v.4, n.4, p.1-16, 2009.

SILVA, C.L. Análise da tectônica cenozóica da região de Manaus e adjacências. UNESP, Rio Claro (SP), Tese de Doutorado, 309p, 2005.

SILVA, I. M., GONZALEZ, L.R. e SILVA, D.F. Recursos naturais de conforto térmico: um enfoque urbano. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana (REVSBAU)**, Piracicaba(SP) v.6, n.4, p. 35-50, 2011.

TOMASELLA, J.; HODNETT, M.G.; CUARTAS, L.A.; NOBRE, A.D. WATERLOO, M.J. e OLIVEIRA, S.M. The water balance of Amazonian micro-catchment: the effect of interannual variability of rainfall on hydrological behaviour. **Hidrological Processes**, 22, p. 2133-2147, 2008.