

## **Estudo dos Padrões de Aquecimento dos Mosaicos de Superfície na Cidade de Manaus.**

Marlon Robson Nogueira<sup>1</sup>; Luiz Antonio Candido<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Bolsista PIBIC/CNPq/INPA; <sup>2</sup>Orientadora CPRH /INPA

### **1 Introdução**

O clima de uma região apresenta grande influência sobre as atividades humanas. Por outro lado, o ser humano pode também contribuir para provocar alterações no meio ambiente que podem ser irreversíveis (Costa & Mattos, 1998). Segundo Candido et al. (2006), é esperado que as alterações ambientais (combinação das alterações climáticas e dos usos do solo), produzam alterações significativas ao nível dos processos climáticos e hidrológicos em áreas urbanas. A urbanização tem promovido significativas modificações na estrutura física da superfície continental, contribuindo para o aumento da temperatura do ar, favorecendo a ocorrência do fenômeno de ilha de calor que, segundo Amorim et al. (2009), é a manifestação do aumento da temperatura do ar a superfície causado por modificações das características físicas (alta densidade de construções, concentração de materiais construtivos de grande potencial energético de emissividade e reflectância) e por atividades urbanas. Tais efeitos são decorrentes, também, do desmatamento de áreas florestadas próximas aos centros urbanos. Esse mosaico de superfícies tem uma grande capacidade de armazenar calor e, conseqüentemente, transferi-lo para atmosfera, influenciando na temperatura do ar.

As transformações na cidade de Manaus, associadas ao seu crescimento e uso desordenado do solo, modificaram a paisagem de uma cobertura de floresta para um mosaico de superfícies caracterizadas por edifícios, asfaltos, fragmentos de floresta e corpos d'água. Em vista disso, os parâmetros climáticos à superfície (temperatura, umidade do ar, albedo, velocidade do vento, etc.) também sofreram modificações. Por esse motivo, é necessário verificar o quanto estas alterações influenciam o clima local. Logo, para contornar essas dificuldades, é preciso implementar novas formas de monitoramento, particularmente com foco na escala urbana, pois apenas uma estação meteorológica não é capaz de fornecer todas as informações compatíveis com os processos atuantes na definição do microclima local.

Este trabalho se propõe a avaliar qual a contribuição dos diferentes mosaicos de cobertura da superfície local no padrão de aquecimento da cidade e, como esse padrão se modificou em relação à condição original de cobertura por floresta.

### **2 Material e Métodos**

*Caracterização da área de estudo* - A área de estudo se limita à área urbana do município de Manaus, localizado na porção nordeste do estado do Amazonas. Manaus está situada na margem esquerda da confluência dos rios Negro e Solimões, formadores do rio Amazonas, fazendo parte da Bacia Amazônica. Possui uma área de aproximadamente 11.458,50 km<sup>2</sup>, sendo limitado pelos municípios de Presidente Figueiredo ao norte, Iranduba e Careiro ao sul, Rio Preto da Eva e Itacoatiara a leste e Novo Airão a oeste. Para abranger a diversidade de mosaicos urbanos da cidade de Manaus e sua influência no clima local, utilizou-se uma estratégia de medida da temperatura do ar com sensores em movimento.

*Classes de uso/ocupação do solo* - Na estimativa das áreas dos mosaicos que integram a grande área urbana de Manaus foram utilizados os dados de Roque (2006) que determinou a distribuição espacial e fração de ocupação dos principais usos da terra. Identificaram-se as seguintes classes de cobertura e uso da terra: floresta ombrófila densa, floresta ombrófila aberta, capoeira (vegetação secundária), mata de várzea, campo sujo, campo limpo, campo úmido, agricultura, sede rural, solo exposto, loteamentos recentes, ocupação urbana e ocupação periurbana.

*Monitoramento da temperatura e umidade relativa do ar* -

**Campanha 1:** O monitoramento dos parâmetros temperatura e umidade relativa do ar a 2.0m de altura foi realizado em alguns mosaicos da área urbana de Manaus, abrangendo locais com padrões de uso/ocupação do solo distintos. As medidas ocorreram em campanhas de 10 dias com

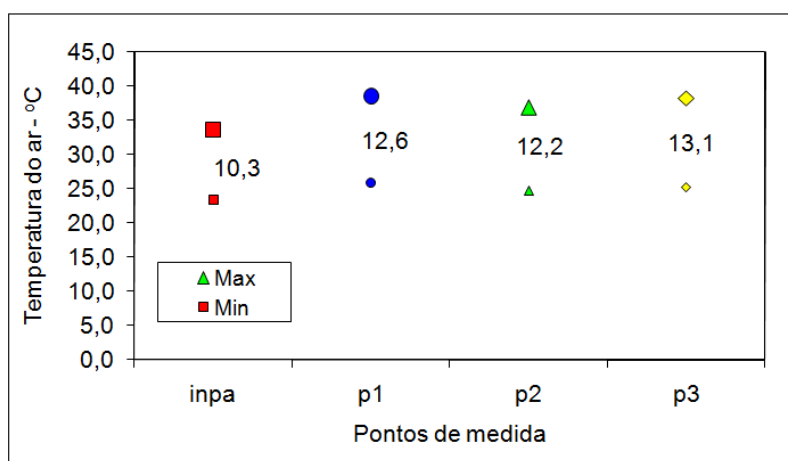
frequência de 1 minuto de amostragem utilizando dois TERMO-HIGRÔMETROS digital (Modelo ICEL/HT-4000) com Datalogger acoplado. Um dos sensores foi instalado na área verde do Inpa (Bosque da Ciência) sendo este um local de referência de área verde. Os dados foram registrados em planilhas e os locais georeferenciados utilizando os sistemas Google Earth. Além destes dados, foram utilizadas informações obtidas em pontos amostrais no entorno do Bosque através de termohigrômetros portais de leitura direta que registravam temperatura instantânea, máxima e mínima.

**Campanha 2:** Para a verificação das temperaturas intra-urbana realizou-se medidas, nas zonas da cidade de Manaus, em um transecto móvel no percurso Sul, Centro Oeste, Oeste, centro Sul, retornando ao Sul (cujo ponto de partida foi o Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Campus II). A temperatura do ar foi obtida através de TERMO-HIGRÔMETROS digital (Modelo ICEL/HT-4000) com Datalogger acoplado, posicionado em micro abrigo meteorológico instalado à 2m de altura em uma pickup. As medidas foram realizadas com o automóvel em movimento (com velocidade constante de 40km/h) e amostragem a cada 2s. Foram percorridos 80km da área urbana de Manaus, durante cerca de 2h (14 as 16h do dia 25/04/2010), georeferenciados por GPS (Global Positioning System) e registrados no Google Earth. Ao longo do trajeto, seis trechos (denominados T1, T2, T3, T4, T5 e T6) foram definidos em função das classes de cobertura do solo dominantes (ver Tabela 1).

### 3 Resultados e Discussão

**Campanha 1:** Tomando como critério as frações de ocupação mais significativas foram escolhidos alguns pontos de monitoramento de áreas representativas de Floresta Ombrofila Aberta (Bosque da Ciência do INPA) (1 ponto) e ocupação urbana (Bairro Japiim-Raiz) (3 pontos). Nestes locais foram instalados sensores de temperatura e umidade relativa, medindo de forma simultânea, as variáveis citadas. A diferença no padrão de aquecimento entre estes dois ambientes é apresentada na Figura 1, através dos dados de temperatura do ar máxima e mínima registrado nos quatro pontos (INPA, P1, P2 e P3). A diferença entre o ambiente de floresta aberta e urbano é nítida. As temperaturas máximas observadas no bosque foram menores (cerca de 4°C) relativo aos pontos urbanos P1, P2 e P3. No caso das temperaturas mínimas, o comportamento é similar, mas, as diferenças são bem menores (da ordem de 1°C). Como resultado das diferenças estruturais (vegetação versus edificações) entre os dois ambientes, tem-se na área urbana uma maior capacidade de aquecimento, o que contribui para as maiores temperaturas. As amplitudes térmicas variam de 10°C no ambiente de bosque para cerca de 12°C no ambiente de edificações.

**Figura 1:** Temperaturas máxima e mínima (símbolos) e amplitude térmica (valores) observados nos ambientes de floresta (INPA) e urbano (P1, P2, P3)



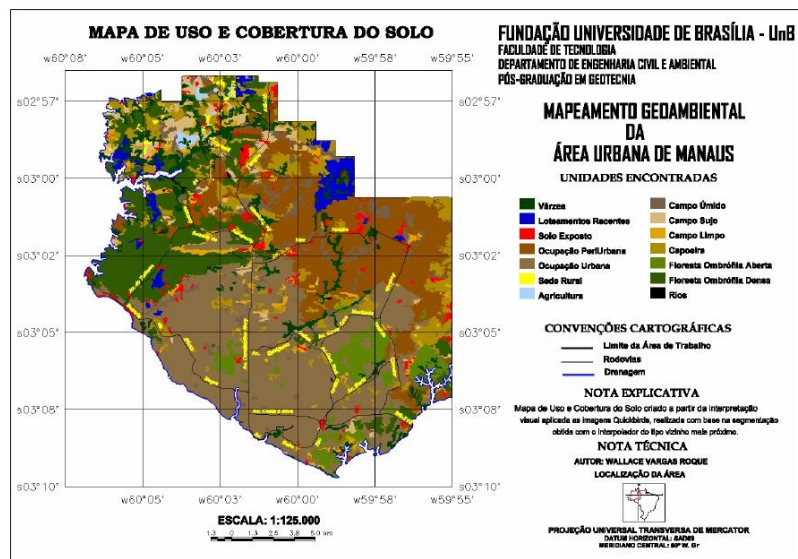
**Campanha 2:** O padrão de cobertura do solo em cada trecho do percurso é apresentado na Tabela 1. Os trechos T1, T2 e T6 são caracterizados por área urbana e, o trecho T3 é uma área de transição urbano/floresta e os trechos T4 e T5 são áreas de floresta. A Figura 2 apresenta o mapa de uso e cobertura do solo em Manaus, descrito por Roque (2006), e mostra grande parte da cidade com predomínio urbano enquanto as áreas verdes são remanescentes no seu entorno. Na Figura 3 é apresentada a variação da temperatura do ar (em °C), medida no dia 25/04/2010 entre 14 e 16 hrs no domínio urbano de Manaus, compreendendo os vários trechos percorridos.

Notadamente existe um gradiente de temperatura entre a áreas urbanas e de floresta, com diferenças de temperatura em torno de 4°C. As medidas mostram uma área urbana mais aquecida com magnitudes variando de 30 a 32°C enquanto as áreas verde oscilam entre 28 e 29°C. O trecho T3 reflete bem a transição entre os ambientes com variações de temperatura de 29 a 32°C.

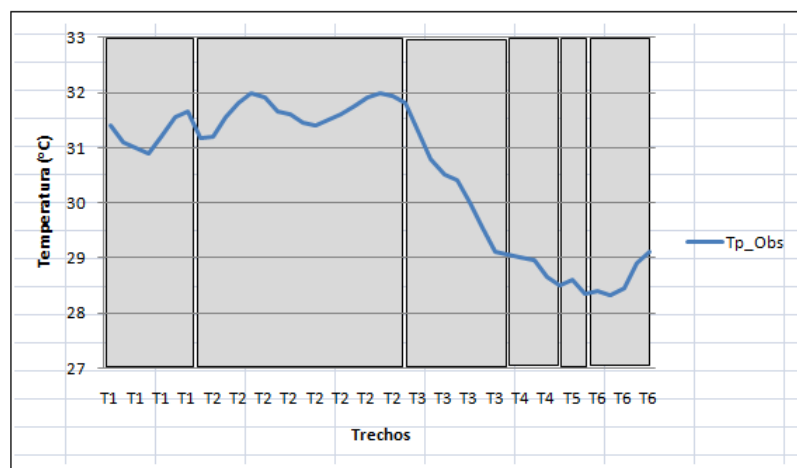
**Tabela 1:** Classes de cobertura do solo, por trecho, de acordo com Roque (2006).

	Trecho 1 (T1)	Trecho 2 (T2)	Trecho 3 (T3)	Trecho 4 (T4)	Trecho 5 (T5)	Trecho 6 (T6)
Cobertura do solo	Ocupação Urbana	Ocupação Urbana	Floresta aberta	Floresta densa	Floresta densa	Ocupação Urbana

**Figura 2:** Uso e cobertura do solo em Manaus por Roque (2006).



**Figura 3:** Temperatura do ar medida no dia 25/04/2010 entre 14 e 16hr no domínio urbano de Manaus, por trecho percorrido (em °C).



#### 4 Conclusão

O gradiente de temperatura entre a área urbana e floresta é visível e as variações na temperatura decorrem das diferenças na cobertura da superfície. O monitoramento de um ponto específico da cidade não serve para refletir a condição representativa do seu clima atual. É evidente a necessidade de se implantar uma rede urbana de monitoramento dos parâmetros climáticos nas

grandes cidades para que as reais condições do ambiente sejam mais bem conhecidas, subsidiando as previsões dos modelos meteorológicos.

## 5 Referências

Amorim, M. C.C. T.; Dubreuil, V.; Quenol, H.; Neto, J. L. S., 2009: **Características das ilhas de calor em cidades de porte médio: exemplos de Presidente Prudente (Brasil) e Rennes (França)**. Confins, N. 07.

Candido, L. A.; Gan, M. A.; Manzi, A. O., 2006: **Sensibilidade da zona de convergência do Atlântico Sul (ZCAS) à condição hídrica do solo: um estudo de caso**. Revista Brasileira de Meteorologia, v. 21, p. 387-397.

Costa, A. C. L.; Mattos, A., 1998: **Estudo da ilha de calor urbana em cidade de grande porte na região equatorial**. Anais CBMET, ed. X, Brasília.

Roque, W.V. (2006). **Mapeamento Geoambiental da Área Urbana de Manaus - AM**. Dissertação de Mestrado, publicação nº G.DM-145/06, Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 162 p.